



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
MATO GROSSO**

**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE**  
**BIOLOGIA**  
**PROFBIO-UFMT**



**EXPRESSÃO GÊNICA, PRÉ-REQUISITO PARA O ENSINO  
DE GENÉTICA: DIFICULDADES E SOLUÇÕES**

**MARIVALTER GOMES COSTA**

CUIABÁ – MT 2020





UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
MATO GROSSO

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE  
BIOLOGIA  
PROFBIO-UFMT



## EXPRESSÃO GÊNICA, PRÉ-REQUISITO PARA O ENSINO DE GENÉTICA: DIFICULDADES E SOLUÇÕES

MARIVALTER GOMES COSTA

*Trabalho de Conclusão de Mestrado  
apresentado ao Programa de Pós-  
Graduação em Ensino de Biologia da  
Universidade Federal de Mato Grosso,  
como parte dos requisitos para obtenção  
do título de Mestre em Ensino de  
Biologia.*

**PROF<sup>a</sup> DR<sup>a</sup> DANIELA CRISTINA FERREIRA ORIENTADOR (A)**

CUIABÁ – MT 2020



### **Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

C837e Costa, Marivalter.  
Expressão gênica, pré-requisito para o ensino de Genética: dificuldades e soluções  
/ Marivalter Costa. -- 2020  
81 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Daniela Cristina Ferreira.  
Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Mato Grosso,  
Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de  
Biologia, Cuiabá, 2020.  
Inclui bibliografia.

1. Material genético. 2. Expressão gênica.. 3. Livros didáticos. 4. Animações. I.  
Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO****UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO****PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO****PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE NACIONAL - PROFBIO****FOLHA DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: "EXPRESSION GÊNICA, PRÉ-REQUISITO PARA O ENSINO DE GENÉTICA: DIFICULDADES E SOLUÇÕES".**

**AUTOR (A): MESTRANDO MARIVALTER GOMES COSTA**

Dissertação Defendida e Aprovada em **23 de Outubro de 2020.**

**COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA****1. Doutor(a) Daniela Cristina Ferreira (Presidente Banca / Orientadora)**

INSTITUIÇÃO: Universidade Federal de Mato Grosso

**2. Doutor(a) Lenicy Lucas de Miranda Cerqueira (Examinadora Interna)**

INSTITUIÇÃO: Universidade Federal de Mato Grosso

**3. Doutor(a) Karina Alessandra Morelli (Examinadora Externa)**

INSTITUIÇÃO: Universidade do Estado do Rio de Janeiro

**Cuiabá, 23 de Outubro de 2020.**



Documento assinado eletronicamente por **DANIELA CRISTINA FERREIRA, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 23/10/2020, às 16:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **LENICY LUCAS DE MIRANDA CERQUEIRA, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 23/10/2020, às 18:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Karina Alessandra Morelli, Usuário Externo**, em 26/10/2020, às 09:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site  
[http://sei.ufmt.br/sei/controlador\\_externo.php?](http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?)

26/10/2020

SEI/UFMT - 2957511 - MESTRADO - Folha de Aprovação



[acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](#), informando o código verificador **2957511** e o código CRC **D8D55F1A**.

---

Referência: Processo nº 23108.072038/2020-33

SEI nº 2957511

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela oportunidade de realizar esse sonho, de galgar mais um degrau na minha vida profissional, no sentido de obtenção de melhor qualificação no preparo para atuação docente.

Ao Instituto de Biociências/UFMT, na pessoa da professora Dra. Márcia Teixeira de Oliveira, coordenadora do curso de mestrado profissional em Ensino de Biologia pela oportunidade da formação continuada.

À SEDUC, que concedeu na segunda metade do curso a licença para qualificação, propiciando um tempo maior para o desenvolvimento dos estudos nesse período.

Ao apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior 001 – Brasil (CAPES) e à UFMT pela estruturação da REDE PROFBIO.

Agradeço especialmente a professora Dra. Daniela Cristina Ferreira, que aceitou prontamente o desafio de atuar como orientadora da Pesquisa, sempre dedicada, prestativa em ajudar no direcionamento das atividades desenvolvidas durante o trabalho. Meu muito obrigado pela imensa ajuda e apoio.

À Banca Examinadora, nas pessoas dos Professores Doutores Daniela Cristina Ferreira, Lenicy Lucas de Miranda Cerqueira, Karina Alessandra Morelli e Paulo Cesar Venere, pelas contribuições sempre importantes para a promoção do crescimento de ideias e melhoria na qualidade científica do trabalho.

Ao corpo docente do curso de mestrado profissional em Ensino de Biologia, que aceitou o desafio de desenvolver e implementar a ideia que norteia o programa PROFBIO, que é aproximar, cada vez mais, o método científico das salas de aulas das escolas públicas do ensino médio.

Agradeço também, na pessoa da professora Liliane Ferrari, diretora da Escola Estadual Alda G. Scopel, onde a pesquisa foi desenvolvida. De forma especial, aos alunos participantes, que, com seriedade, possibilitaram o desenrolar harmonioso de todas as atividades propostas. Vocês, alunos, representam o motivo de tudo isso.

Aos meus colegas de curso, que durante esses dois anos, foram verdadeiros parceiros, ajudando-se mutuamente. Colegas que se tornaram amigos para sempre.

## **EXPERIÊNCIA NO PROFBIO**

### **Mestrado Profissional em Ensino de Biologia - PROFBIO**

A atividade docente no Brasil, muito embora desvalorizada é desafiadora, pois impõem um cenário de constante transformação da sociedade por meio da educação. Dessa forma, mesmo diante das dificuldades, os professores desempenham um papel relevante nessa transformação, se reinventando no sentido de propiciar aos alunos aulas mais atrativas, contempladoras e que tragam conhecimentos significativos em suas vidas.

Durante mais de vinte anos em sala de aula, observei uma série de mudanças e novas tendências de abordagens pedagógicas no processo ensino-aprendizagem. Algumas não tão novas assim, mas pela desmotivação, estrutura física inadequada e despreparo docente não são colocadas em prática. A sobrecarga de trabalho e o comodismo levam a tendência de mantermos a mesmice e a linha tradicional. Em parte, nesse cenário, surgiu o PROFBIO em minha vida. Uma oportunidade única de qualificação e valorização profissional.

Mesmo com todas as dificuldades, como viagens e o cansaço acarretado pela conciliação dos estudos com o trabalho, valeu a pena e, todas expectativas iniciais foram contempladas. Tivemos uma boa estrutura e um ótimo corpo docente, sempre dedicado e ressaltando a importância da transformação do ensino a partir do foco investigativo e a aplicação do método científico em sala de aula.

Dessa forma, com essa receita, não tem como não sair transformado do curso, que prioriza a aplicação de metodologias pedagógicas mais prazerosas e principalmente, que coloque o aluno como “construtor” do processo, estreitando o abismo entre o conhecimento científico e popular.

Quando uma oportunidade de Mestrado profissional alcança um professor da Rede Pública de Ensino, novos horizontes se abrem, não somente ao profissional, mas também aos alunos que estão sob sua regência, pois a educação passa a ser compreendida e trabalhada a partir de uma nova perspectiva, podendo promover mudanças na sociedade como um todo. Vejo que é com essa visão que saímos do PROFBIO, mais preparados, com maiores responsabilidades para estimular e promover mudanças positivas no quadro em que se encontra a educação básica no país.

Marivalter Gomes Costa

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Fotos da aplicação dos testes de desempenho .....	24
Figura 2 -	Alguns vídeos enviados para análise dos especialistas, através do docs.google.com .....	27
Figura 3 -	Teste de desempenho após a aula de genética, utilizando as animações de genética molecular .....	29
Figura 4 -	Atividade interativa com os alunos, para representar o processo de síntese proteica – leitura dos códons do RNAm pelo ribossomo .....	30
Figura 5 -	Trabalho dos grupos de alunos das turmas envolvidas na atividade, confeccionando os mapas conceituais, relacionando conceitos de genética mendeliana e genética molecular .....	31
Figura 6 -	Mapas conceituais confeccionados e apresentados pelos alunos, estabelecendo relações entre os conceitos de genética mendeliana e genética molecular .....	44
Figura 7 -	Foto do material apostilado (SAS), mostrando a intenção de relacionar os conhecimentos da genética mendeliana e molecular .....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Livros didáticos analisados no presente estudo.....	22
Tabela 2 - Competências analisadas em quinze questões aplicadas aos alunos no pré-teste e pós-teste. ....	23
Tabela 3 - Competências analisadas em quinze (15) questões aplicadas aos alunos no teste, logo após a revisão de genética mendeliana associada às animações de genética molecular. ....	29
Tabela 4 - Disposição dos assuntos de genética molecular e genética mendeliana nos livros didáticos analisados, bem como se contemplam relações de conceitos entre as duas áreas. ....	33
Tabela 5 - Porcentagens de acertos dos alunos participantes da pesquisa, antes (pré-teste) e depois (pós-teste) do estudo compartilhado de Genética Mendeliana e Genética Molecular.....	35
Tabela 6 - Teste t de student aplicado às porcentagens de acertos dos alunos participantes da pesquisa, antes (pré-teste) e depois (pós-teste) do estudo compartilhado de Genética Mendeliana e Genética Molecular.....	37
Tabela 7 - Médias da avaliação realizada pelos especialistas sobre os vídeos de replicação do DNA, observando quatro questionamentos. ....	39
Tabela 8 - Médias da avaliação realizada pelos especialistas sobre os vídeos de tradução gênica, observando cinco questionamentos.....	39
Tabela 9 - Porcentagens de acertos dos alunos participantes da pesquisa, antes e depois do estudo compartilhado de Genética com utilização de animações de Genética Molecular.....	40
Tabela 10 - Teste T-Student aplicado às Porcentagens de acertos dos alunos participantes da pesquisa, antes e depois do estudo compartilhado de Genética com utilização de animações de Genética Molecular.....	42

## LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 – Análise de desempenho antes e depois do estudo concomitante de Genética Mendeliana e Genética Molecular, medindo a capacidade de entender o conceito de gene e sua expressão no ambiente. .... 36
- Gráfico 2 - Comparativo de resultados entre pré-teste e pós-teste a partir do teste t de Student..... 38
- Gráfico 3 – Análise sobre o aproveitamento no entendimento do conceito de gene, sua expressão e tecnologia relacionadas, antes e depois do estudo de Genética (Mendeliana e Molecular) e com a mesma prática utilizando animações sobre duplicação e tradução. .... 41
- Gráfico 4 - Comparativo de resultados entre o aproveitamento dos alunos antes (vermelho) e depois do uso de animações (azul) de Genética molecular nas aulas iniciais de Genética Mendeliana, a partir do teste t de Student. .... 43

## RESUMO

O sucesso do estudo de Genética Mendeliana no ensino médio depende necessariamente de uma boa fundamentação dos seus conceitos iniciais. Por sua vez, para ocorrer a compreensão significativa desses conceitos, faz-se necessário atrelá-los aos assuntos relacionados à Genética Molecular, como a estrutura do material genético e sua expressão. O estudo compartilhado das duas áreas, e com o uso de animações de Genética Molecular, representa uma importante estratégia de intervenção pedagógica, no sentido de tornar esses conceitos menos abstratos e mais palpáveis aos alunos. Este trabalho objetiva analisar a eficiência do estudo compartilhado, assim como testar a eficácia do uso de animações de replicação e tradução gênica para melhor entendimento de conceitos como gene, genótipo e fenótipo. Foi elaborado como produto educacional, um catálogo contendo animações e sugestões de como promover o atrelamento entre os conceitos das duas áreas. O trabalho teve abordagem qualitativa e quantitativa e foi desenvolvido em uma escola pública de Primavera do Leste - MT, com 98 alunos das 3<sup>a</sup> séries do EM. Promoveu-se, primeiro, uma análise de livros didáticos a respeito da estruturação e ordenação dos assuntos de Genética, o que revelou um distanciamento no estudo das duas áreas. Por meio de três testes de desempenho acerca dos conceitos básicos de Genética, após o seu estudo isolado, estudo compartilhado e esse com o uso de animações, notou-se ganho gradativo na assimilação dos conceitos básicos da Genética Mendeliana. Os dados obtidos mostram a importância da estruturação dos pré-requisitos para a ancoragem dos novos conhecimentos, no caso, os conceitos genéticos, tornando-os mais compreensíveis e, por conseguinte, atenuando o insucesso observado nas escolas públicas no ensino de Genética Mendeliana.

Palavras-chave: Material genético. Fenótipo. Livros didáticos. Animações.

## **ABSTRACT**

The success of the study of Mendelian Genetics in high school, necessarily depends on a good foundation of its initial concepts. In turn, for a meaningful understanding of these concepts, it is necessary to link them to issues related to Molecular Genetics, such as the structure of genetic material and its expression. The shared study of the two areas, and using Molecular Genetic animations, represents an important pedagogical intervention strategy, in the sense of making these concepts less abstract and more palpable to students. This work aims to analyze the effectiveness of the shared study, as well as to test the effectiveness of using replication animations and gene translation to better understand concepts such as gene, genotype and phenotype. A catalog containing animations and suggestions on how to link the concepts of the two areas was developed as an educational product. The work had a qualitative and quantitative approach and took place in a public school in Primavera do Leste, MT, with 98 students from the 3rd grades of EM. First, an analysis of didactic books was carried out, regarding the structuring and ordering of the subjects of Genetics. Through three performance tests on the basic concepts of Genetics, after its isolated study, shared study and this with the use of animations. The analysis of the books also revealed a distance from the study of the two areas. With the shared study and, later with the use of animations, it provided gain in the use of the understanding of the basic concepts of Mendelian Genetics. The data obtained show the importance of structuring the prerequisites for anchoring new knowledge, in this case, the genetic concepts, making them more understandable and, consequently, attenuating the failure observed in public schools in the teaching of Genetics.

**Keywords:** Genetic material. Phenotype. Didactic books. Animations.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>20</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>21</b>
<b>3.1</b>	<b>Análise dos Livros Didáticos</b> .....	<b>21</b>
<b>3.2</b>	<b>Estudo Associado Entre Genética Mendeliana e Genética Molecular</b> .....	<b>22</b>
<b>3.3</b>	<b>Escolha das Animações para Assimilação dos Conceitos de Genética</b> .....	<b>24</b>
<b>3.4</b>	<b>Avaliação das Animações: Estudo de Genética Mendeliana Utilizando Animações de Genética Molecular</b> .....	<b>28</b>
3.4.1	Atividade 1: representação do mecanismo de tradução gênica (leitura dos códons) .	30
3.4.2	Atividade 2: construção de mapas conceituais .....	30
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>33</b>
<b>4.1</b>	<b>Análise dos Livros Didáticos</b> .....	<b>33</b>
<b>4.2</b>	<b>Uso do Estudo Compartilhado entre Genética Molecular e Genética Mendeliana</b>	<b>35</b>
<b>4.3</b>	<b>Estudo de Genética Utilizando Animações de Genética Molecular</b> .....	<b>38</b>
4.3.1	Seleção das Animações .....	38
<b>4.4</b>	<b>Utilização das Animações de Genética Molecular nas Aulas de Genética Mendeliana</b> .....	<b>40</b>
<b>4.5</b>	<b>Atividades Complementares Desenvolvidas</b> .....	<b>43</b>
4.5.1	Atividade 1: representação do mecanismo de tradução gênica (leitura dos códons) .	43
4.5.2	Atividade 2: construção de mapas conceituais.....	44
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>45</b>
<b>5.1</b>	<b>Análise dos Livros</b> .....	<b>45</b>
<b>5.2</b>	<b>Uso do Estudo Compartilhado entre Genética Molecular e Genética Mendeliana</b>	<b>48</b>
<b>5.3</b>	<b>Estudo de Genética Utilizando Animações de Genética Molecular</b> .....	<b>49</b>
5.3.1	Escolha das Animações .....	49
<b>5.4</b>	<b>Uso das Animações de Genética Molecular nas Aulas de Genética Mendeliana..</b>	<b>50</b>
<b>5.5</b>	<b>Atividades Complementares Desenvolvidas</b> .....	<b>51</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>54</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>56</b>
	<b>APÊNDICE</b> .....	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

De todo o elenco das características dos seres vivos, sem dúvida, a reprodução é uma das que mais caracteriza o fenômeno da vida. Além disso, é um processo fascinante e complexo que envolve uma série de eventos celulares, hormonais e comportamentais. Por meio do processo reprodutivo, ocorre a manutenção das espécies ao longo dos tempos, além de conservar o patrimônio genético de todas as populações. Concomitantemente ao processo reprodutivo, outro evento excepcional acontece, a hereditariedade.

Nesse contexto, tem-se a Genética que corresponde ao ramo da Biologia que estuda os mecanismos de transmissão de características de uma geração a outra, como ocorre com a expressão do material genético e, mais do que isso, auxilia no entendimento de outras áreas do conhecimento biológico. Além disso, muitos assuntos do nosso cotidiano, como transfusões sanguíneas, doenças hereditárias, formação de gêmeos univitelinos, resistência a doenças, estão relacionados diretamente à Genética.

Em especial, notamos a grande evidência da engenharia genética, que nos traz de forma contínua novos conhecimentos a respeito da molécula DNA, do seu produto e de como ocorre sua expressão, permitindo ao ser humano descobrir ou aperfeiçoar tecnologias que, de alguma forma, acarretam impactos em nossa vida. Como seria possível entender o que é um transgênico ou um clone produzido artificialmente, sem conhecer os fundamentos básicos da Genética? A Genética constitui em um campo jovem, embrenhada em um processo interno de evolução constante que contribui com seus conhecimentos para promover mudanças de como percebemos a vida, além de auxiliar na resolução de questões que envolvem a sociedade (GRIFFITHS *et al.* 2016, p. 70).

Um dos grandes desafios da Biologia, em especial da Genética moderna, é o de oportunizar aos estudantes do ensino médio embasamentos sólidos que possibilitem a compreensão de conceitos científicos e, principalmente, permitam estabelecer associação desses com os fatos do cotidiano. Porém, o que se observa em relação ao papel desempenhado pelo ensino de Biologia é que ele se encontra distanciado da aplicação prática da vida dos alunos, permanecendo a tão indesejada apartação entre os conhecimentos científico e popular (KRASILCHIK, 2004).

Percebe-se a existência de uma conformidade de opiniões sobre os livros didáticos, que mesmo passando por constantes revisões, ainda trazem muitos equívocos conceituais, com imagens e textos inadequados para a consolidação da aprendizagem, pois

se mostram desordenados (CAMPOS; LIMA, 2008). Além disso, o estudo de Genética Mendeliana no ensino médio, na maioria das sequências didáticas dos livros ou das apostilas, acontece no último ano, enquanto as bases da Genética Molecular são abordadas na primeira série do ensino médio, o que acaba por acarretar, no decorrer de um ano, um “abismo” sem ou com pouca menção a esse assunto.

Existem outros obstáculos que dificultam a assimilação dos conceitos de Genética, como uma formação deficiente e sobrecarga de trabalho dos professores, a baixa qualidade do material didático utilizado, a falta de estrutura das escolas públicas, assim como a ausência de laboratórios e a desmotivação dos alunos. Somado a isso, a falta de entendimento dos conceitos específicos da área representa maior empecilho, o que afasta os alunos dos conhecimentos genéticos (FREITAS; SILVA, 2005; KRASILCHICK, 2005; MORENO, 2007).

Temas da Biologia que envolvem diretamente outras áreas científicas, como Matemática, Química e Física, costumam trazer “dores de cabeça” aos professores, que, por deficiência ou ausência de pré-requisitos advindos dessas áreas, não costumam se aventurar muito nesses conteúdos. Por exemplo, o fenômeno da fotossíntese, praticamente não é enfatizado no ensino médio, pois, para a sua compreensão, são necessários conceitos básicos de Química, como oxidação e redução. Também é possível que o mesmo ocorra quando se ensina Genética Molecular, visto que é fundamental o mínimo de conhecimento químico, como tipos de ligações/reações químicas e ação enzimática. Destaca-se a importância de o planejamento considerar o foco interdisciplinar e a relação trabalho, ciência, tecnologia e cultura, para permitir aos estudantes uma aprendizagem contextualizada e com significado prático daquilo que é trabalhado em sala de aula (LIMA; NUÑEZ, 2017).

Além disso, o estudo de Genética Molecular na primeira série do ensino médio normalmente é apresentado como complemento da Bioquímica Celular, sendo destinadas poucas aulas para a abordagem do tema. É pouco provável o sucesso na aprendizagem, em tão pouco tempo, de uma gama tão grande de conteúdos como as estruturas dos ácidos nucleicos e de processos tão complexos como replicação, transcrição, tradução e mecanismos de expressão gênica. O agrupamento da interdisciplinaridade e contextualização podem nortear o trabalho docente, e estimular as reflexões sobre a utilização de estratégias pedagógicas, bem como a seleção e “filtragem” dos assuntos a serem trabalhados em sala de aula (FERRETTI, 2000).

Ao chegar ao terceiro ano do ensino médio, sem a bagagem básica necessária da Genética Molecular, o processo do estudo e entendimento dos conceitos básicos da Genética Mendeliana estará comprometido. Sem entender o fenômeno da meiose, as leis mendelianas não farão sentido para os alunos, assim como a falta de noção clara do que é um cromossomo, da estrutura do DNA e sua expressão ao determinar uma proteína. Desse modo, como ficarão os conceitos básicos ministrados nas primeiras aulas de Genética, como gene, *locus*, genótipo ou fenótipo? Certamente ficarão desconexos ante a realidade dos alunos. Nos livros didáticos já há grandes dificuldades em especificar e relacionar a estrutura cromossômica com a molécula de DNA (MANZKE, 1999).

Para a construção de novos conhecimentos, é inegável a importância de pré-requisitos para que todo o processo se desenrole de forma natural, prazerosa e principalmente que seja duradouro e contínuo, uma vez que a compreensão de um assunto leva ao entendimento de outros, não só no meio científico, mas principalmente no que concerne ao cotidiano dos alunos. Na chamada aprendizagem significativa, proposta por David Ausubel (2001), reforça-se a importância de conceitos ou conhecimentos prévios, consolidados na estrutura cognitiva do aluno, que atuaria como suporte para a retenção de novas informações (novo conhecimento), concretizando, assim, um processo seguro e contínuo, uma vez que, ao modificar a visão desses conceitos prévios, na mesma medida, também ocorre interação com o novo conhecimento.

Na aprendizagem significativa, é fundamental a presença do conhecimento prévio (subsunçor) ou pré-requisito para que ocorra uma interação com o novo conhecimento. Produtos dessa relação seriam uma “ancoragem” entre esses conhecimentos, dando sentido a essa nova informação (aprendizagem subordinada) e ampliação para a compreensão de outros assuntos afins (aprendizagem superordenada), fixando de forma duradoura na estrutura cognitiva do educando (MOREIRA, 2013).

Moreira (2010) salienta também que a aprendizagem significativa se configura pela comunicação entre os conhecimentos preexistentes e conhecimentos novos, sendo que essa interação é não literal e não arbitrária. Dessa forma, durante o processo de aprendizagem, os novos conhecimentos se consolidam com maior solidez cognitiva, uma vez que apresentam significado e sentido real ao estudante.

Dessa forma, é importante considerar a proposta de Ausubel (2000) para que o processo de assimilação na aprendizagem significativa inclua: (1) ancoragem seletiva do material de aprendizagem às ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva; (2) interação entre as ideias acabadas de introduzir e as ideias relevantes existentes

(ancoradas), sendo que o significado das primeiras surge como o produto desta interação; e (3) a ligação dos novos significados emergentes como ideias ancoradas no intervalo de memória (retenção).

Logo, espera-se, por exemplo, que o entendimento do conceito de gene e sua relação com as proteínas deem sentido aos conceitos de genótipo e fenótipo, ao mesmo tempo em que possivelmente transforme o próprio entendimento inicial sobre genes e proteínas. Além disso, que a clarificação desses conceitos e suas relações permitam verdadeiramente o entendimento de assuntos relacionados que são mencionados no dia a dia, como seres geneticamente modificados, genoma e geneterapia.

Após a introdução geral à Genética Mendeliana, começa a aplicação dos famosos cruzamentos genéticos, os tais “Aa”. Certamente, sem a devida fundamentação básica, essa prática ficaria meramente mecânica, sendo apenas um processo de memorização, pouco duradoura e confusa, não representando, assim, uma aprendizagem significativa. Por outro lado, se bem estruturada, permite a retenção de novos conhecimentos, ampliando a capacidade do estudante de compreender melhor o mundo vivo ao seu redor, bem como as novas tecnologias relacionadas ao tema. Nesse sentido,

A retenção significativa é superior à retenção por memorização, devido a razões provenientes das considerações processuais respectivas em cada um dos casos. Durante o intervalo de retenção, os significados acabados de surgir, como resultado da interação entre as novas ideias do material de aprendizagem e as ideias relevantes (ancoradas) da estrutura cognitiva, ligam-se e armazenam-se a estas ideias ancoradas altamente estáveis. Obviamente, esta ligação protege os novos significados das interferências arbitrárias e literais que rodeiam, de forma proativa e retroativa, as associações memorizadas (AUSUBEL, 2001, p. 15).

A aquisição de conhecimentos protocolares sobre os processos relacionados à hereditariedade, como a manifestação fenotípica, é largamente permeável no sentido de que os alunos constroem conceitos relacionados às áreas baseados em suas experiências de vida e com forte influência social e cultural, comumente resultando na elaboração de ideias desconexas do conhecimento científico (ROSA, 2000). Um exemplo claro disso é a ideia de que a maioria dos alunos acredita que é o sangue que determina a hereditariedade, reproduzindo ditados que refletem o senso comum como: “sangue do meu sangue”, “puro sangue” e “sangue azul”. Demonstrando, claramente, a não compreensão e o distanciamento que há entre os conhecimentos populares e científicos, no caso, entre as características hereditárias (fenótipos) e a expressão dos genes.

Compreender a estrutura dos cromossomos e do DNA é fundamental para a introdução de conceitos como gene, alelos e *locus* gênicos assim como a compreensão de

como o DNA, com o seu código genético, se expressa, determinando a síntese de uma proteína; como uma enzima ou pigmento deve, com certeza, ser determinante para o aprendizado dos termos como genótipo e fenótipo, que fundamentam toda a Genética. Por esse motivo, uma estruturação bem realizada dos assuntos referentes à Genética Molecular se torna primordial para o sucesso no ensino de Genética Mendeliana, já que, estabelecendo relações entre as duas áreas, contribui-se para a construção de um conhecimento sólido, claro e entendível.

Desta forma, a aquisição de novos conhecimentos no processo de ensino-aprendizagem depende de conceitos relevantes que já se encontram estruturados na estrutura cognitiva dos alunos e de conhecimentos adequados que permitam o surgimento de novos significados e potencializem a aprendizagem dos mesmos (AUSUBEL, 2001).

Com isso, o reflexo desse processo não seria somente na área da Genética, mas extrapolaria para melhor compreensão de assuntos relacionados a outras áreas biológicas, como a Ecologia e a Evolução, em particular, a revolução nos sistemas de classificação, considerando a história evolutiva dos organismos vivos (cladística). “[...] Em lugar do destaque dado a aspectos morfofisiológicos em sequência filogenética, a ênfase recai em processos de Biologia molecular, genética de populações e evolução [...]” (KRASILCHIK, 2008, p. 45).

Outra questão é o reflexo que essas deficiências podem acarretar posteriormente, quando esse mesmo aluno, semialfabetizado cientificamente, chega à graduação. Nesse contexto, torna-se importante salientar que o ensino de Genética durante o ensino médio é determinante para a escolha de profissões na área da saúde. Problemas desenvolvidos no ensino de Genética no ensino médio reverberam também nos cursos de graduação de ciências biológicas e de áreas que utilizam esse conhecimento (ROSA, 2000). Um trabalho bem desenvolvido no ensino médio possibilita uma estruturação preparatória para prosseguir na convivência em sociedade, particularmente em relação à continuidade dos estudos, podendo ser o sustentáculo à efetiva aprendizagem de conceitos fundamentais de Genética por esses alunos (BRASIL, 2006).

Considerando a complexidade dos temas abordados, faz-se necessário o uso de metodologias alternativas, que possibilitem melhor compreensão pelos alunos. “Temos de oferecer-lhes uma educação instigadora, estimulante, provocativa, dinâmica, ativa desde o começo e em todos os níveis de ensino” (BACICH; MORAN, 2018, p. 162). Nesse sentido, a utilização da tecnologia digital pode representar uma ferramenta determinante

para o sucesso da aprendizagem, uma vez que confere às aulas excelente grau de dinamismo, atraindo, dessa forma, maior atenção por parte dos alunos.

Na atualidade, a internet, que poderia ser uma arma poderosa no processo ensino-aprendizagem, mais atrapalha do que ajuda. Em parte, isso se justifica pela incapacidade de “filtragem” de informações apresentadas por nossos alunos, além de extrapolarem nas conexões quase ininterruptas com as mídias sociais. Somado a isso, temos as dificuldades apresentadas pelos docentes em lidar com as novas tecnologias. O uso das tecnologias permite encontrar o conhecimento já consolidado e promover a reorganização daquilo que está confuso e desalinhado. Por esse motivo, é de suma importância o domínio das ferramentas de busca de informações, além do desenvolvimento da capacidade de escolhas criteriosas e adequá-las dentro de um contexto, por exemplo, numa aula para facilitação da aprendizagem (MORAN, 2007).

Continuamente, estreitamos nossa relação de prática educativa com o uso das novas tecnologias, diminuindo a utilização tradicional de livros e lousa (quadro negro), adicionando as nossas metodologias novas formas de ensinar e de aprender, sendo que essas novas formas, hoje dependem de uma ação conjunta entre as áreas científicas e do mundo digital de forma simultânea (ALTENFELDER *et al.*, 2011). Por esse motivo, devemos e podemos cada vez mais lançar mão de métodos mais atrativos para os nossos alunos, utilizando com maior frequência a internet, fazendo dela uma aliada e não uma inimiga.

A comunidade escolar precisa refletir sobre que forma se pode reconhecer um currículo dinamicamente reconstruído no contexto das tecnologias, nesse mundo de cultura acentuadamente digital, e como ele se expressa em novas propostas pedagógicas que qualitativamente promovam o interesse e o envolvimento dos adolescentes e que aceleram os estudos no exercício de seu direito à educação básica. É preciso refletir também sobre como potencializar pedagogicamente o uso daqueles equipamentos que já habitam os meios sociais, de modo geral, e o cotidiano escolar, em particular (ALTENFELDER *et al.*, 2011, p. 17 e 18).

Além de apresentar o pleno domínio dos conteúdos da sua área, ou em que é especialista, o professor precisa ser um motivador, estimulador da aprendizagem, promovendo estratégias para que seus alunos façam uso conexo e harmonioso do conhecimento repassado. Dessa forma, a prática de ensinar implicará muito mais que memorizações de conhecimentos desordenados e desconectados, que não farão sentido algum na vida prática dos jovens estudantes. Esse direcionamento dado pelo professor aos alunos, além de promover a fixação de conhecimentos de forma sólida, efetiva e

duradoura, permite o desenvolvimento de novos “caminhos” para o estabelecimento da aprendizagem (RELVAS, 2009).

Diante da importância do tema *expressão gênica* como alicerce para o estudo de Genética Mendeliana e por ser um assunto abstrato para os alunos do ensino médio, o uso das novas tecnologias torna-se determinante para unir e dar sentido para essas duas áreas da Biologia. Nesse sentido, a presente dissertação tem como objetivo realizar um estudo investigativo na área específica da expressão gênica, com foco principal nas falhas dos livros didáticos e nas principais dificuldades apresentadas pelos alunos sobre temas como a estrutura dos ácidos nucleicos, replicação do DNA, transcrição, tradução gênica e os mecanismos que levam a uma expressão diferenciada do material genético.

Dessa forma, o desenvolvimento do embasamento teórico surge a partir da “filtragem” ou seleção de animações (vídeos) sobre os processos de replicação do DNA e síntese proteica para melhor compreensão dos mecanismos de expressão gênica, tornando esses assuntos mais atrativos e acessíveis para os alunos e possibilitando um suporte que garanta melhor compreensão dos conceitos que fundamentam a Genética Mendeliana.

Além disso, foi elaborado um catálogo com sugestões de animações voltado para o tema Genética Molecular e suas relações com os conceitos básicos da Genética Mendeliana, de forma que esse catálogo represente mais uma ferramenta de apoio ao ensino, auxiliando o professor na sua prática pedagógica e o aluno em seu ensino-aprendizagem da disciplina em comento.

## 2 OBJETIVO GERAL

Identificar as principais dificuldades dos alunos sobre Genética Molecular, assim como o que contribui para o insucesso do processo de ensino-aprendizagem da Genética Mendeliana. Depois disso, promover uma seleção e testes de eficiência de animações sobre os processos de replicação do DNA e tradução gênica que possam melhorar o entendimento dos conceitos básicos de Genética Mendeliana.

### 2.1 Objetivos Específicos

- Comparar a forma de organização dos conteúdos apresentados nos livros didáticos, aprovados pelo PNLD<sup>1</sup> (das editoras: Moderna, Ática, Saraiva, Quinteto, AJS, FTD, SM e IBEP), analisando se o assunto de Genética Molecular se encontra relacionado ao de Genética Mendeliana.
- Promover uma reflexão sobre a importância do estudo compartilhado de Genética Mendeliana e Genética Molecular, para a compreensão de conceitos biológicos fundamentais, como: gene, fenótipo e genótipo.
- Selecionar e testar a influência do uso de animações de Genética Molecular como forma de potencialização da compreensão de conceitos básicos da Genética Mendeliana.
- Criar um catálogo contendo vídeos e animações sobre replicação do DNA, síntese proteica e mecanismos de expressão gênica, selecionados diretamente da internet, que abriga sites previamente selecionados com o auxílio dos discentes, contendo comentários sobre estratégias de uso desse recurso didático.

---

<sup>1</sup> PNLD – Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12391:pnld>> Acesso em: 03 Abr. 2020.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

Este estudo foi submetido à apreciação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Mato Grosso (CAAE: 26278819.1.0000.8124), e somente foi executado após a aprovação conforme a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. Os termos de consentimento e assentimento de livre e esclarecido (TCLE e TALE), além dos termos de anuência destinados à escola e à SEDUC – MT encontram-se nos apêndices de 1 a 4.

A pesquisa de caráter qualitativo e quantitativo, foi desenvolvida com os alunos da terceira série do ensino médio, período matutino e vespertino (turmas A, B, C e D), da Escola Estadual Alda Gawlinski Scopel, localizada na Avenida São João, 212, no centro da cidade de Primavera do Leste - MT. O desenvolvimento das atividades propostas iniciou com o universo de 98 alunos, devidamente matriculados na escola e com faixa etária de 16 a 18 anos, perfazendo o total geral de alunos das citadas turmas, depois de terem assinado os termos de consentimento, assentimento e confidencialidade. Nas turmas envolvidas eram ministradas duas aulas semanais, de 55 minutos cada e sempre geminadas (sequenciais), facilitando, assim, o desenvolvimento das atividades. Testes de desempenho foram aplicados ao final de cada abordagem programada: o estudo dos conceitos iniciais de Genética Mendeliana de forma isolada, o seu estudo associado à Genética Molecular e, por fim, com o uso de animações de duplicação do DNA e tradução gênica. Esses testes encontram-se nos Apêndices 5 e 6.

#### **3.1 Análise dos Livros Didáticos**

Os livros didáticos representam, para muitas escolas, a principal ou mesmo a única ferramenta pedagógica para os professores desenvolverem o seu trabalho. Por esse motivo, faz-se necessário que esse material esteja em constante atualização e apresente uma boa qualidade visual, bem como coerência na disposição dos conteúdos. Os processos biológicos, para serem compreendidos pelos alunos, precisam estar representados através de imagens ou esquemas ilustrativos e numa sequência que priorize o estudo de conteúdos que se complementem, para, desse modo, facilitar a consolidação da aprendizagem.

As coleções de livros aprovados no Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) podem estar apresentadas em volumes únicos, contendo os conteúdos de todo o ensino médio ou dividido em três volumes, sendo essa última opção

mais viável e prática para ser utilizada pelos professores. Tradicionalmente, o volume I é direcionado à 1ª série e aborda assuntos relacionados à Bioquímica Celular, Citologia, Embriologia e Histologia Animal. Já o volume II, destinado à 2ª série, trata dos grupos de seres vivos; enquanto o volume III é designado à 3ª série e se ocupa do estudo das áreas da Genética, Evolução e Ecologia.

Considerando-se a importância de um embasamento sólido de Genética Molecular, com foco na facilitação do entendimento de conceitos básicos da Genética Mendeliana, desenvolveu-se um estudo investigativo a respeito desses assuntos nos livros didáticos que são adotados por escolas públicas de todo o Brasil, analisando especificamente sete livros disponíveis na unidade escolar, dentre aqueles que compõem o quadro do Programa Nacional do Livro Didático (Tabela 1).

**Tabela 1 - Livros didáticos analisados no presente estudo.**

<b>Componente Curricular – Biologia</b>					
<b>Autores</b>	<b>Coleção</b>	<b>Editora</b>	<b>Cód. da Coleção</b>	<b>Edição</b>	<b>Ano</b>
1. Linhares <i>et al.</i>	Biologia Hoje	Ática	0022P18113	3ª	2017
2. Lopes <i>et al.</i>	BIO	Saraiva	0109P18113	3ª	2017
3. César <i>et al.</i>	Biologia	Saraiva	0107P18113101IM	12ª	2016
4. Bezerra <i>et al.</i>	Ser Protagonista	SM	0072P18113	3ª	2016
5. Godoy <i>et al.</i>	Contato Biologia	Quinteto	0158P18113	1ª	2016
6. Thompson <i>et al.</i>	Conexões com a Biologia	Moderna	0199P18113	2ª	2016
7. Favaretto	Biologia Unidade e Diversidade	FTD	0182P18113	1ª	2016

Fonte: O autor

Nessa análise foram considerados os seguintes aspectos: a profundidade do estudo do tema; a disposição dos conteúdos, isto é, como eles se encontram ordenados; e, se a coleção contempla de forma clara a organização do material genético e a relação entre os conceitos de DNA, gene, proteína e característica fenotípica.

### **3.2 Estudo Associado Entre Genética Mendeliana e Genética Molecular**

Considerando as dificuldades que os alunos do ensino médio apresentam na compreensão de conceitos básicos que fundamentam o ensino de Genética e procurando alternativas para facilitação desse estudo, aplicou-se uma avaliação com a finalidade de

quantificar o desempenho dos alunos no entendimento de conceitos de Genética Mendeliana estudados de forma isolada, ou seja, como propõe a maioria dos livros didáticos e outra de forma simultânea e integrada aos assuntos relacionados à Genética Molecular.

A presente pesquisa possui caráter qualitativo e quantitativo já que, além de se traduzir em números, também propõe uma relação entre os sujeitos e o estudo proposto, buscando interpretar os fenômenos encontrados, atribuindo-lhes significados.

Os dados foram coletados por meio da aplicação de dois questionários: I) o pré-teste, realizado após a aula tradicional, ou seja, definindo conceitos básicos de Genética Mendeliana (duas aulas), sem o uso de recurso de vídeos, apenas com a utilização de imagens dos livros didáticos e II) o pós-teste, realizado após as aulas associando os conceitos de Genética Mendeliana e Molecular (duas aulas), tais como estrutura dos ácidos nucleicos, processos de replicação, transcrição e tradução com auxílio de imagens apresentadas, utilizando a ferramenta *PowerPoint*. Cada questionário contou com quinze questões, contendo quatro alternativas por questão (APÊNDICE 5). Nos dois testes foram analisadas as competências mostradas na Tabela 2.

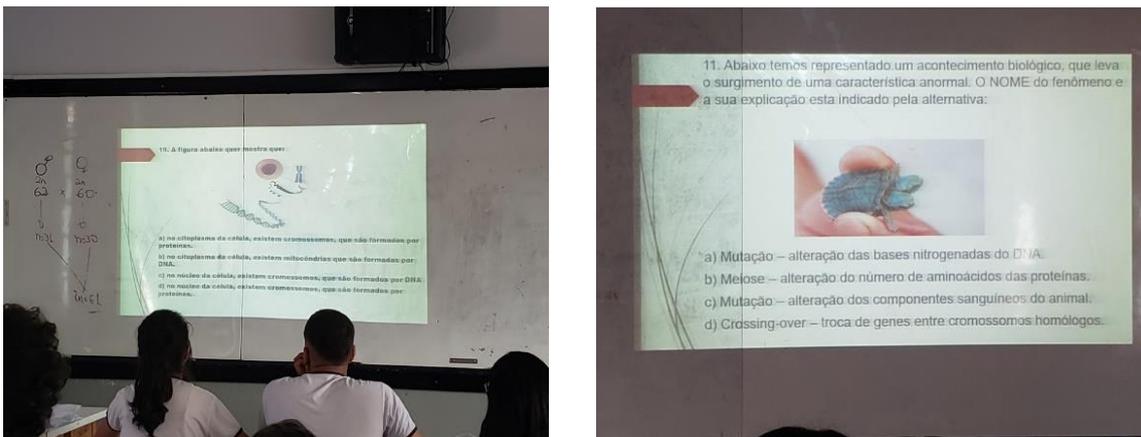
**Tabela 2 - Competências analisadas em quinze questões aplicadas aos alunos no pré-teste e pós-teste.**

Competências analisadas	
01	Reconhecer os genes como unidade de transmissão hereditária.
02	Compreender a relação entre genótipo e os fatores ambientais.
03	Associar o DNA como "receitas" de proteínas.
04	Entender a definição e a importância das mutações.
05	Identificar a região da célula onde se localiza o material genético.
06	Compreender que as células de um mesmo organismo são geneticamente idênticas.
07	Observação de características que não se expressam nos pais e, aparecem nos filhos.
08	Reconhecer tecnologias relacionadas à Genética.

Fonte: O autor

Os testes foram aplicados utilizando apresentação do *PowerPoint*, com o auxílio de um aparelho de projeção (Data show), e as questões foram disponibilizadas aos alunos das turmas já citadas (Figura 1), que responderam numa folha à parte, relacionando o número de cada questão com a letra da alternativa que julgaram ser a correta. Ao final de cada teste, a folha de resposta foi entregue ao professor para ser corrigida e analisada.

**Figura 1 - Fotos da aplicação dos testes de desempenho**



Fonte: O autor

### 3.3 Escolha das Animações para Assimilação dos Conceitos de Genética

Considerando a dificuldade dos alunos em assimilar os conteúdos de Genética apenas se baseando nos textos dos livros didáticos, o uso de animações gráficas de processos biológicos pode representar uma ferramenta dotada da capacidade para potencializar a fixação dos conteúdos, tornando o assunto mais atrativo para os alunos e gerando consequente melhoria na aprendizagem (BRAGA, 2015).

Selecionar as melhores animações para se trabalhar com os alunos não é uma tarefa fácil, pois estas devem estar acompanhadas de metodologias específicas, para que o professor possa direcionar bem o seu trabalho.

Por esse motivo, no presente estudo, optou-se pela metodologia Delphi, que propicia uma seleção de material ampla, dando à pesquisa maior solidez, permitindo, dessa maneira, melhor tomada de decisão e, portanto, respaldo de confiabilidade ao resultado final, quando aplicado e testado com os alunos.

O método Delphi é largamente utilizado como instrumento de pesquisa para previsão de tendências no ramo empresarial, sendo o seu resultado o subsídio necessário para tomadas de decisões futuras, podendo ser utilizado em várias áreas do conhecimento humano, assim como no meio educacional, como parte de processo de construção da aprendizagem. Essa técnica se mostra como uma ferramenta importante para projeções tecnológicas, na medida em que agrega informações subjetivas sobre a avaliação dos problemas enfatizados em diversas áreas do conhecimento científico (ROZADOS, 2015).

A robustez dos dados obtidos após a aplicação do referido método se justifica, pois são coletados por um grupo de especialistas de forma estruturada e sem

interferências individuais de um sobre o outro. Certamente a confiabilidade dos resultados será maior do que, por exemplo, se fosse realizada por um grupo não especializado e/ou não estruturado, ou ainda de forma individual.

O método Delphi possui uma terminologia específica, que define cada uma de suas atividades, de suas etapas, bem como os sujeitos envolvidos, da seguinte forma (ROZADOS, 2015):

- a) rodada (ou circulação) é cada um dos sucessivos questionários apresentados ao grupo;
- b) questionário é o documento (instrumento) que se envia aos especialistas. Não é só um documento que contém uma lista de perguntas, mas um documento com o qual se consegue que os participantes da pesquisa interatuem, já que nele se apresentam os resultados das circulações anteriores;
- c) painel é o conjunto de especialistas que farão parte do Delphi;
- d) moderador é a pessoa responsável por recolher as respostas do painel e preparar os questionários.

Primeiramente, o moderador elabora e envia aos especialistas (painel) o questionário acerca do assunto ou problema que se quer investigar. A participação dos especialistas ocorre de forma anônima e independente, não sofrendo interferências um do outro. Suas respostas serão compiladas, analisadas e organizadas pelo moderador e depois reenviadas aos respondentes, naquilo que é denominado de rodadas. O *feedback* entre o moderador e o painel é realizado, até se chegar a um consenso nas respostas.

Desta forma, a pesquisa sobre os melhores vídeos foi realizada de forma on-line, outra vantagem do método Delphi, pois se torna mais ágil e prático, uma vez que os participantes podem responder ao questionário quando lhe é oportuno. Para elaborar o questionário, foi utilizada a ferramenta *docs.google.com*, abordando os processos de replicação DNA e de tradução gênica e considerando alguns aspectos a serem observados em cada uma das animações analisadas.

A partir da plataforma *youtube.com*, o professor moderador, responsável pela pesquisa, realizou a seleção de dez animações, cinco de replicação e cinco de tradução, observando a qualidade do material, mas, sobretudo, a clareza e a simplicidade de como se apresenta cada processo, considerando o público-alvo, para o qual esse material deveria ser testado, neste caso, os alunos do ensino médio.

Sobre o processo de replicação ou duplicação do DNA, o questionamento buscou identificar se o vídeo ou animação trazia informações como:

1. Uma boa qualidade visual aos alunos?
2. Uma sequência de eventos processuais que permitem o seu entendimento?
3. Uma relação clara entre a duplicação do DNA e o processo de reprodução celular (mitose)?
4. Claramente os papéis de fatores como a ação enzimática?

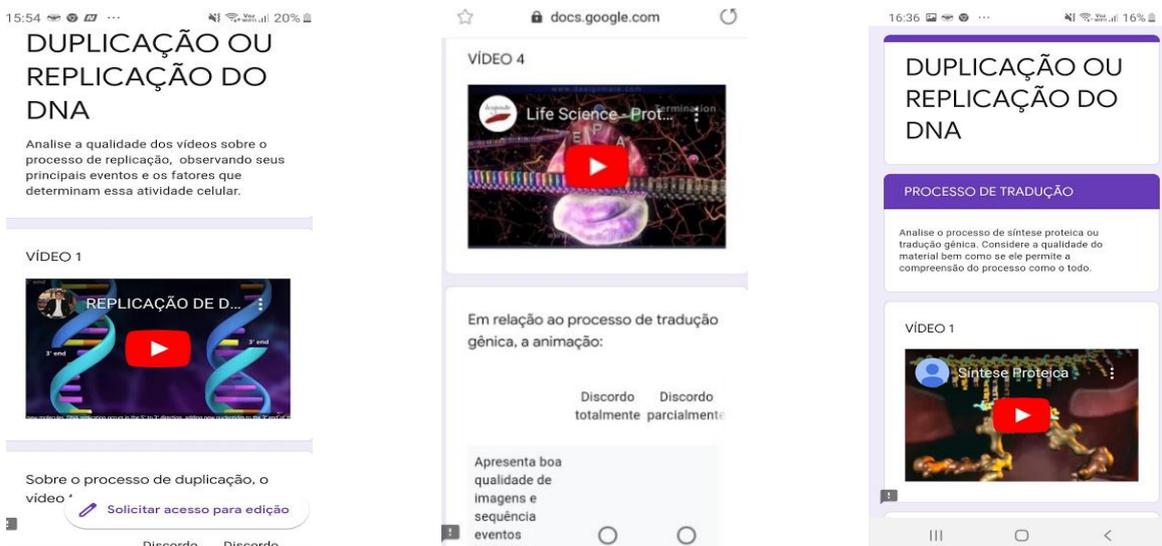
Da mesma forma, foi questionado sobre as animações de tradução ou síntese proteica, se essas fornecem os seguintes elementos:

1. Apresentam boa qualidade de imagens e sequência, eventos corretos e fáceis para a compreensão dos alunos?
2. Estabelecem a relação cromossomo, DNA e gene?
3. Deixam claro o local na célula onde ocorrem a transcrição e a tradução?
4. Demonstram claramente os papéis do DNA, RNAs e das enzimas?
5. Estabelecem a relação entre gene, proteína e característica?

O chamado painel, representado por um conjunto de especialistas que fizeram parte da pesquisa, foi escolhido obedecendo ao critério de pertencer ao quadro de professores universitários, especializados na área de genética. No caso, tivemos seis especialistas respondentes, professores de Universidades e Institutos Federais.

Recebendo o questionário on-line sobre os temas (Figura 2), os participantes responderam e enviaram os resultados obtidos juntamente com suas opiniões, que foram compiladas pelo moderador para que se pudesse obter o resultado geral do grupo. Um dos pontos que caracteriza o método Delphi é o retorno do questionário com as respostas (as chamadas rodadas), para uma nova análise pelos respondentes, permitindo, assim, o *feedback* entre as respostas de cada participante. No entanto, devido à clareza do tema e dos objetivos, e em se tratando de um assunto corriqueiramente utilizado pelos participantes, especialistas da área, realizou-se apenas a primeira rodada de questionamentos/respostas e foram obtidos resultados pouco conflitantes, como veremos a seguir.

**Figura 2 - Alguns vídeos enviados para análise dos especialistas, através do docs.google.com.**



Fonte: O autor

Para a mensuração da pesquisa, foi utilizada a escala Likert, em que se considera o grau de concordância ou discordância para cada item considerado na análise das animações. Desse modo, apreciou-se/avaliou-se a intensidade das respostas dos respondentes em cinco pontos: discordo totalmente, discordo parcialmente, não concordo e nem discordo, concordo parcialmente e concordo totalmente. Com essas opções em cada questionamento, foi possível observar a tendência de direcionamento, se positiva ou negativa, mais ou menos intenso, ou até mesmo a neutralidade de opiniões. O uso dessa escala de pesquisa permite ao participante expressar sua opinião sobre cada uma das questões, e ao pesquisador permitiu apresentar conclusões de acordo com as graduações definidas pelos participantes (ROZADOS, 2015, p.76).

A aplicação do método Delphi, aliado à escala Likert, propicia também uma grande vantagem no processamento dos dados para a análise devido à flexibilidade permitida na análise dos dados obtidos. Para a elaboração do questionário on-line, os vídeos selecionados e utilizados na pesquisa foram:

- SOBRE O PROCESSO DE REPLICAÇÃO OU DUPLICAÇÃO DO DNA:

Vídeo 1) <https://youtu.be/dRBgmZ8Iozc>

Vídeo 2) <https://youtu.be/s3nDTGg73AU>

Vídeo 3) <https://youtu.be/kTbeC7e2kKA>

Vídeo 4) <https://youtu.be/ENJWh50sJRo>

Vídeo 5) <https://youtu.be/T3RK7w0nfOc>

- SOBRE O PROCESSO DE TRADUÇÃO GÊNICA OU SÍNTESE PROTEICA:

Vídeo 1) [https://youtu.be/P5fm3He\\_pds](https://youtu.be/P5fm3He_pds)

Vídeo 2) [https://youtu.be/6nxRxoGME\\_I](https://youtu.be/6nxRxoGME_I)

Vídeo 3) [https://youtu.be/W-OBm\\_s2yGM](https://youtu.be/W-OBm_s2yGM)

Vídeo 4) <https://youtu.be/kmrUzDYAmEI>

Vídeo 5) <https://youtu.be/fOI7lrNuOnk>

As análises das respostas dos especialistas, participantes da pesquisa, levaram à seleção de duas animações de cada processo considerado (replicação e tradução), aquelas mais bem avaliadas nos quesitos considerados relevantes. Essas animações foram utilizadas de forma conjunta ao estudo de conceitos básicos de Genética Mendeliana, para a observação do efeito dessa prática no processo ensino-aprendizagem.

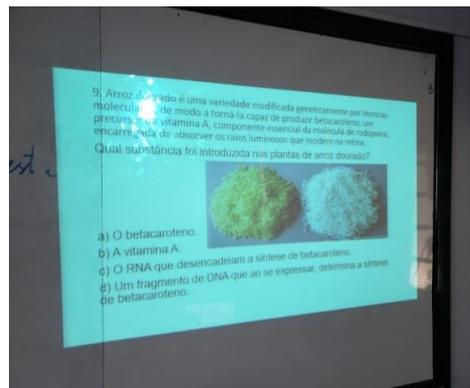
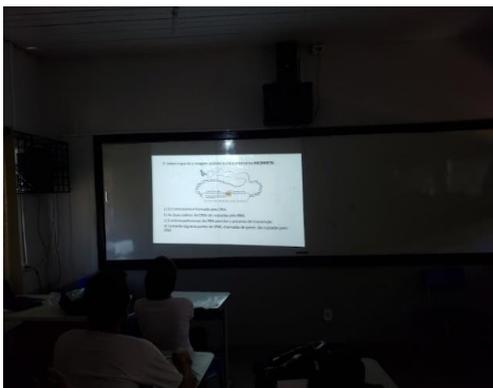
### **3.4 Avaliação das Animações: Estudo de Genética Mendeliana Utilizando Animações de Genética Molecular**

Essa etapa foi desenvolvida com as mesmas turmas em que foram aplicados os pré-teste e pós-teste, para que se pudesse observar os efeitos do estudo compartilhado de Genética Mendeliana e Genética Molecular. Foi desenvolvido um planejamento de trabalho, com duração de duas aulas, no qual foi inserido o conteúdo associando a Genética Mendeliana à Molecular, agora utilizando as animações previamente selecionadas pelos especialistas.

Levou-se em consideração uma das características da escola, que é o intenso remanejamento de alunos entre os turnos durante o ano letivo, em particular, do período diurno para o noturno, já que na faixa etária desses estudantes há um grande empenho pela entrada no mercado de trabalho. Por esse motivo, houve uma redução na amostra, tendo essa fase da pesquisa contado com 75 alunos das quatro turmas envolvidas na pesquisa.

Nessa etapa do trabalho, os vídeos de animações utilizados foram sobre replicação e tradução gênica, sendo trabalhados os conteúdos de forma visual e dinâmica, termos como cromossomos homólogos, DNA, genes, proteínas e características hereditárias, estabelecendo relação entre os conceitos de Genética Mendeliana, como *locus* gênico, genótipo e fenótipo. Após o desenvolvimento dessas aulas, foi aplicado um novo teste, também utilizando a ferramenta *PowerPoint* (Figura 3).

Figura 3 - Teste de desempenho após a aula de Genética, utilizando as animações de Genética Molecular.



Fonte: O autor

Esse teste contou com 15 questões (APÊNDICE 6) e teve a intenção de investigar os efeitos do uso das animações nas aulas de Genética Mendeliana, em que se considerou as competências elencadas na Tabela 3.

**Tabela 3 - Competências analisadas em quinze (15) questões aplicadas aos alunos no teste, logo após a revisão de genética mendeliana associada às animações de genética molecular.**

Competências analisadas	
01	Entender a definição de gene.
02	Identificar a região da célula onde se localiza o material genético.
03	Compreender as estruturas dos ácidos nucleicos (DNA e RNA).
04	Reconhecer os papéis dos RNAs no processo de tradução.
05	Relacionar o processo de duplicação do DNA e a semelhança genética entre as células.
06	Relacionar cromossomo com DNA.
07	Reconhecer os genes como unidades de transmissão hereditárias.
08	Estabelecer a relação entre: DNA, gene, proteína e característica.
09	Compreender a técnica da transgenia, como sendo a transferência de genes entre organismos.

Fonte: O autor

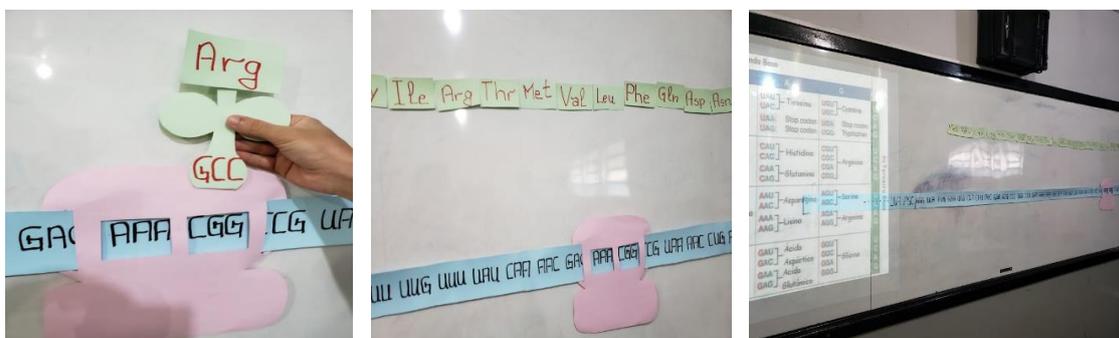
Inegavelmente, torna-se complicado para os alunos o entendimento de processos tão complexos que dependem de uma sequência de eventos os quais, na maioria das vezes, são representados por imagens planas, estáticas e desconectas ou, pelo menos, de difícil conexão ou ordenação cronológica de acontecimentos para geração de um produto final (no caso, uma proteína).

Além do teste de desempenho, também foram desenvolvidos, como complemento dos trabalhos, duas atividades com o objetivo de colocar os alunos como protagonistas do processo de síntese proteica e averiguar sua compreensão sobre os temas estudados. Das quatro turmas participantes da pesquisa, apenas duas desenvolveram essas atividades, a 3ª série C (período matutino) e 3ª série D (período vespertino), totalizando 38 alunos.

### 3.4.1 Atividade 1: representação do mecanismo de tradução gênica (leitura dos códons)

A primeira atividade trabalhada com os alunos foi uma atividade lúdica, que simulava o processo de síntese proteica, e o seu desenvolvimento transcorreu durante o período de uma aula. Um aluno fez o papel do ribossomo que, ao deslizar sua estrutura pela fita do RNAm, fazia a leitura dos códons ou trincas de bases nitrogenadas. Os demais componentes da turma desempenhariam os papéis do RNAt, com seus respectivos anticódons. Quando o códon determinado chegasse, baseado na trinca de seu RNAt (anticódon), o aluno teria que se reconhecer como molécula transportadora e participante da vez, com auxílio da tabela do código genético, devendo trazer o respectivo aminoácido para ser adicionado à proteína (Figura 4).

**Figura 4 - Atividade interativa com os alunos, para representar o processo de síntese proteica – leitura dos códons do RNAm pelo ribossomo.**



Fonte: O autor

### 3.4.2 Atividade 2: construção de mapas conceituais

É evidente que “Os mapas conceituais dão outro tipo de informação, muito mais relevante para acompanhar a aquisição de conhecimentos pelo aluno no processo ensino-aprendizagem do que aquela fornecida pelos testes comportamentalistas” (MOREIRA, 2010, p. 35). Para essa atividade, fez-se necessária uma explanação geral dessa ferramenta pedagógica, que é o mapa conceitual, seus elementos e os principais tipos. Nessa prática, espera-se contribuir para que os alunos adquiram a capacidade de organização de ideias e construção de novos conhecimentos, além de auxiliar os docentes na avaliação dos alunos quanto à aprendizagem dos conteúdos estudados.

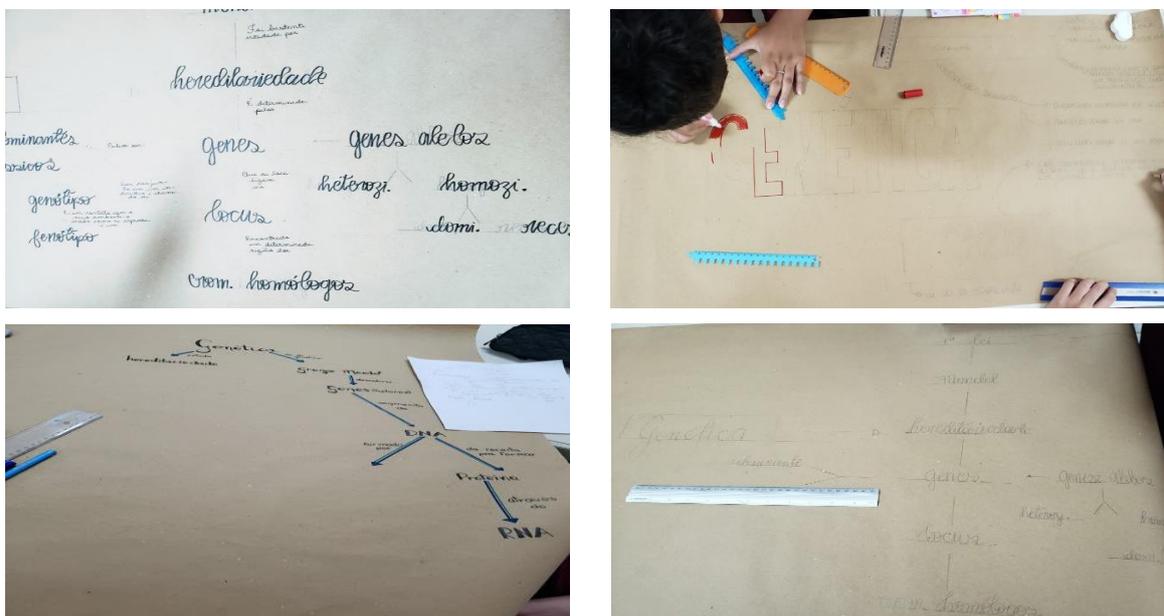
Nesse contexto, o mapa conceitual, criado na década de 1970 por Joseph Novak<sup>8</sup> como técnica cognitiva para aprender de modo significativo, baseia-se na teoria ausubeliana e constitui uma estratégia pedagógica de grande relevância no ensino para a construção de conceitos científicos pelos alunos, ajudando-os a integrar e relacionar informações, atribuindo, assim, significado ao que estão

estudando. Em sua forma gráfica, os mapas conceituais correspondem a diagramas hierárquicos que mostram a organização e correspondência entre conceitos, que são apresentados por uma diferenciação progressiva (desdobramento de um conceito em outros que estão contidos) ou por uma reconciliação integrativa (relação de um conceito com outro aparentemente diferente). Ao dispor sob a forma gráfica de um mapa conceitual os conceitos conhecidos, relacionando esta noção inicial com outras também já conhecidas, estabelecendo uma hierarquia e/ou determinando propriedades, o aluno pode organizar seu conhecimento de maneira autônoma, retificando seu próprio raciocínio em função da construção do mapa (CARABETTA JÚNIOR, 2013, p. 443).

Três aulas foram utilizadas para o desenvolvimento dessa atividade, sendo duas para a elaboração dos mapas conceituais e uma para a apresentação dos grupos. Dividindo as turmas (3ª séries C e D) em grupos de quatro componentes, foi proposto a eles o desafio de debaterem entre si, esquematizarem e transcreverem um mapa conceitual sobre os conceitos/termos utilizados em Genética Mendeliana e Genética Molecular (Figura 5), utilizando como materiais papel pardo, régua, lápis, canetinha e canetão.

Percebe-se, então, uma naturalidade entre eles, perfeitamente compreensível, já que os alunos se sentem confortáveis em atividades que envolvem trabalhos em grupo. Nessa atividade não foi diferente, sentiram-se mais confortáveis e seguros, uma vez que tiveram a oportunidade de debater ideias com seus pares que apresentam o mesmo nível de desenvolvimento intelectual e com linguajares semelhantes, podendo entender melhor um ao outro e, desse intercâmbio de ideias, promoveram a construção de conceitos e suas relações, como é de se esperar na confecção de mapas conceituais (CARVALHO, 2013).

**Figura 5 - Trabalho dos grupos de alunos das turmas envolvidas na atividade, confeccionando os mapas conceituais, relacionando conceitos de genética mendeliana e genética molecular.**



Fonte: O autor

Numa atividade investigativa e que se consolide como uma aprendizagem significativa é fundamental a etapa de comunicação. Por isso, cada grupo apresentou o seu mapa conceitual, explicando qual foi a linha de pensamento utilizada e como relacionaram os conceitos inseridos por eles no mapa.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Análise dos Livros Didáticos

A análise dos livros didáticos nos mostra que, de forma geral, existem boas ilustrações sobre a estrutura dos ácidos nucleicos em todos os livros, porém o mesmo não ocorre em relação aos processos moleculares (replicação, transcrição e tradução), dificultando a compreensão desses eventos moleculares por parte dos alunos. Os conteúdos de Genética Molecular encontram-se associados aos de Bioquímica Celular ou ainda aparecem antecedendo o estudo sobre o núcleo celular e os processos de divisões celulares. Invariavelmente, todos os autores enfatizam a relação DNA-cromatina-cromossomo com ótimas ilustrações que exibem a organização do material genético das células, dando, assim, a possibilidade do educando visualizar e compreender a ideia de que os cromossomos são constituídos por uma longa molécula de DNA e que ali encontramos as “receitas biológicas”.

Quanto à descontinuidade do estudo entre Genética Molecular e Genética Mendeliana, das sete coleções analisadas, apenas duas trazem esses assuntos atrelados (coleções em 3 volumes), as demais apresentam os conteúdos de forma fragmentada. Nota-se que, em três coleções analisadas, há uma tendência de juntar os dois conteúdos no mesmo volume, na mesma série (Tabela 4). Sendo que a introdução aos ácidos nucleicos, mencionando histórico, funções e estrutura molecular, ocorre no volume I, enquanto os processos moleculares que levam à síntese proteica são vistos no volume III, normalmente antes do início do estudo de Genética Mendeliana.

**Tabela 4 - Disposição dos assuntos de genética molecular e genética mendeliana nos livros didáticos analisados, bem como se contemplam relações de conceitos entre as duas áreas.**

<b>Autor</b>	<b>Genética molecular</b>	<b>Genética mendeliana</b>	<b>Estabelece relação: gene-DNA-proteína- característica</b>
Linhares <i>et al.</i>	Vol. I	Vol. III	Não
Lopes <i>et al.</i>	Vol. I e III	Vol. III	Sim
César <i>et al.</i>	Vol. I e III	Vol. III	Não
Bezerra <i>et al.</i>	Vol. I	Vol. III	Sim
Godoy <i>et al.</i>	Vol. I	Vol. III	Não
Thompson <i>et al.</i>	Vol. I e II	Vol. III	Não
Favaretto	Vol. I	Vol. III	Não

Fonte: O autor

As coleções dos autores Linhares *et al.* e Favaretto apresentam a clássica e tradicional disposição de conteúdos em que o estudo de Genética Molecular ocorre no volume I (1ª série) e Genética Mendeliana, no volume III (3ª série). Em Linhares *et al.*, os ácidos nucleicos são trabalhados juntamente aos temas núcleo celular e clonagem e são abordadas as estruturas moleculares, bem como os processos de duplicação e tradução, com ilustrações razoáveis. A abordagem é discreta, sem imagens para o processamento do RNAm. Já em Favaretto, todo o conteúdo encontra-se na unidade destinada à Citologia, oferecendo boas ilustrações e apresentando o estudo, de forma simplificada, da estrutura e composição química dos ácidos nucleicos, e dos processos moleculares um pouco mais detalhado.

Das coleções analisadas, três delas apresentam o estudo de Genética Molecular dividido em duas etapas, uma visão geral no volume I (visto na 1ª série) e, de forma mais aprofundada, estudando os processos moleculares no volume III (visto na 3ª série). No volume I, por ocasião do estudo de Bioquímica Celular (após o estudo de proteínas) ou quando se trata da estrutura e funções do núcleo e dos processos de divisões celulares, apresenta um estudo inicial, uma introdução, geralmente se restringindo a um histórico, tipos moleculares e funções dos ácidos nucleicos.

Depois, o volume III, nas coleções de César *et al.* e Lopes *et al.*, apresenta um estudo mais aprofundado dos ácidos nucleicos, detalhando os processos de duplicação, transcrição e tradução. Posteriormente, nessas coleções inicia-se o estudo de Genética Mendeliana, com o seu histórico, a descrição da primeira lei de Mendel e os conceitos básicos. Em Godoy *et al.*, existe essa mesma disposição de conteúdo, entretanto, o estudo relacionado à Genética Molecular se apresenta não antecedendo a Genética Mendeliana e sim adiante, juntamente com conteúdo de engenharia genética.

Dessas três coleções, Godoy *et al.* e Lopes *et al.* destacam-se pelo grau de aprofundamento dos assuntos citados, pela qualidade das ilustrações das moléculas e dos processos moleculares envolvidos. Além disso, mostram-se bem atualizadas, retratando o conceito de gene sob novas perspectivas, além de apresentarem mecanismos de expressão gênica, como o *splicing* alternativo.

A coleção Bezerra *et al.* aborda Genética Molecular no volume I, em dois momentos, uma breve introdução por ocasião do estudo de Bioquímica Celular e, depois, de forma mais aprofundada, descrevendo com ótima qualidade as estruturas moleculares, bem como os processos de replicação e tradução. Observou-se também que esse material se apresenta bem atualizado, relacionando proteínas como expressão de genes e

comentando sobre mecanismos que levam a essa expressão. No estudo de Genética Mendeliana (volume III), não é retomado o assunto, apenas se recapitula a estrutura da molécula de DNA, fazendo correlação entre similaridade na sequência de bases nitrogenadas dessa molécula com o grau de parentesco entre os seres vivos.

Thompson *et al.* foi o único que apresentou uma disposição de conteúdos diferente. Nessa coleção, o estudo de Genética Molecular é abordado de forma resumida no volume I, na unidade relacionada à Bioquímica Celular, enfocando basicamente as funções e diferenças entre RNA e DNA. No volume II (2ª série), ele é retomado em dois momentos, na unidade que trata núcleo e divisão celular e numa outra de Biologia Molecular. No primeiro momento, que antecede o estudo de Genética Mendeliana, trabalha-se um histórico do DNA e se descreve os processos de duplicação e transcrição, apenas. Depois do estudo de Genética Mendeliana, antes dos conteúdos relacionados à Engenharia Genética e mutações, o tema volta a ser abordado, detalhando de forma satisfatória o processo de tradução gênica ou síntese proteica.

#### 4.2 Uso do Estudo Compartilhado entre Genética Molecular e Genética Mendeliana

No estudo compartilhado entre Genética Mendeliana e Genética Molecular, observou-se aumento de rendimento das turmas nos testes de desempenho. Das oito competências analisadas, todas apresentaram aumento no aproveitamento dos conteúdos estudados de forma associada, mostrando clara relação de “ancoragem” de conceitos, que propicia melhores aproveitamentos no processo ensino-aprendizagem (Tabela 5). Novos significados desempenham um papel no aumento de estabilidade, bem como no aumento da força de dissociabilidade associada, que resulta na ligação dos mesmos às ideias ancoradas mais estáveis que lhes correspondem (AUSUBEL, 2001).

**Tabela 5 - Porcentagens de acertos dos alunos participantes da pesquisa, antes (pré-teste) e depois (pós-teste) do estudo compartilhado de Genética Mendeliana e Genética Molecular.**

(continua)

<b>Competências analisadas</b>	<b>Antes</b>	<b>Depois da revisão</b>
Reconhecer os genes como unidade de transmissão hereditária	45%	60%
Compreender a relação entre genótipo e os fatores ambientais	58%	85%
Associar o DNA como "receitas" de proteínas	27%	69%

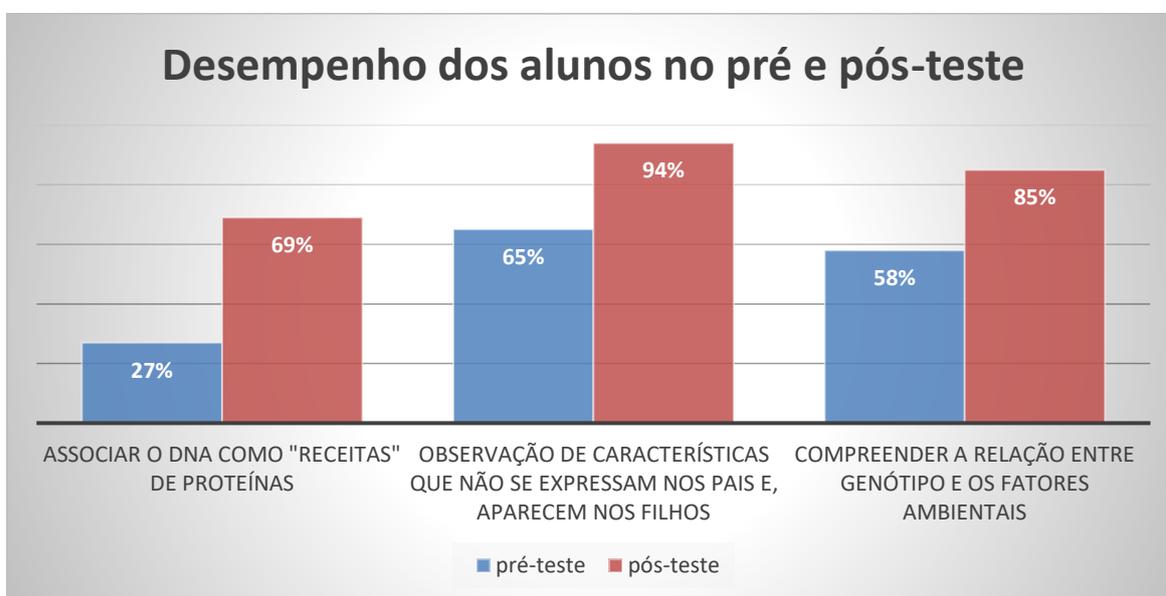
(conclusão)

Competências analisadas	Antes	Depois da revisão
Entender a definição e a importância das mutações	68%	81%
Identificar a região da célula onde se localiza o material genético	73%	83%
Compreender que as células de um mesmo organismo são geneticamente idênticas	46%	63%
Observação de características que não se expressam nos pais e, aparecem nos filhos.	65%	94%
Reconhecer tecnologias relacionadas à Genética	72%	78%

Fonte: O autor

Como podemos observar na tabela, os percentuais de aproveitamento do pós-teste em relação ao pré-teste, aumentaram em menor ou maior grau. Notamos considerável melhora na capacidade de associar os genes como responsáveis pela síntese de proteínas, melhor entendimento da manifestação dos genes ao longo das gerações e observação de que a expressão dos genes (caracteres hereditários) sofre influência dos fatores ambientais (Gráfico 1).

**Gráfico 1 – Análise de desempenho antes e depois do estudo concomitante de Genética Mendeliana e Genética Molecular, medindo a capacidade de entender o conceito de gene e sua expressão no ambiente.**



Fonte: O autor

Para validar e conferir confiabilidade às análises quantitativas também foi realizado o teste estatístico, denominado de teste t de *Student*, utilizando os mesmos critérios dispostos na tabela 5. Dessa forma é possível demonstrar as diferenças estatísticas entre as duas situações observadas.

**Tabela 6 - Teste t de student aplicado às porcentagens de acertos dos alunos participantes da pesquisa, antes (pré-teste) e depois (pós-teste) do estudo compartilhado de Genética Mendeliana e Genética Molecular.**

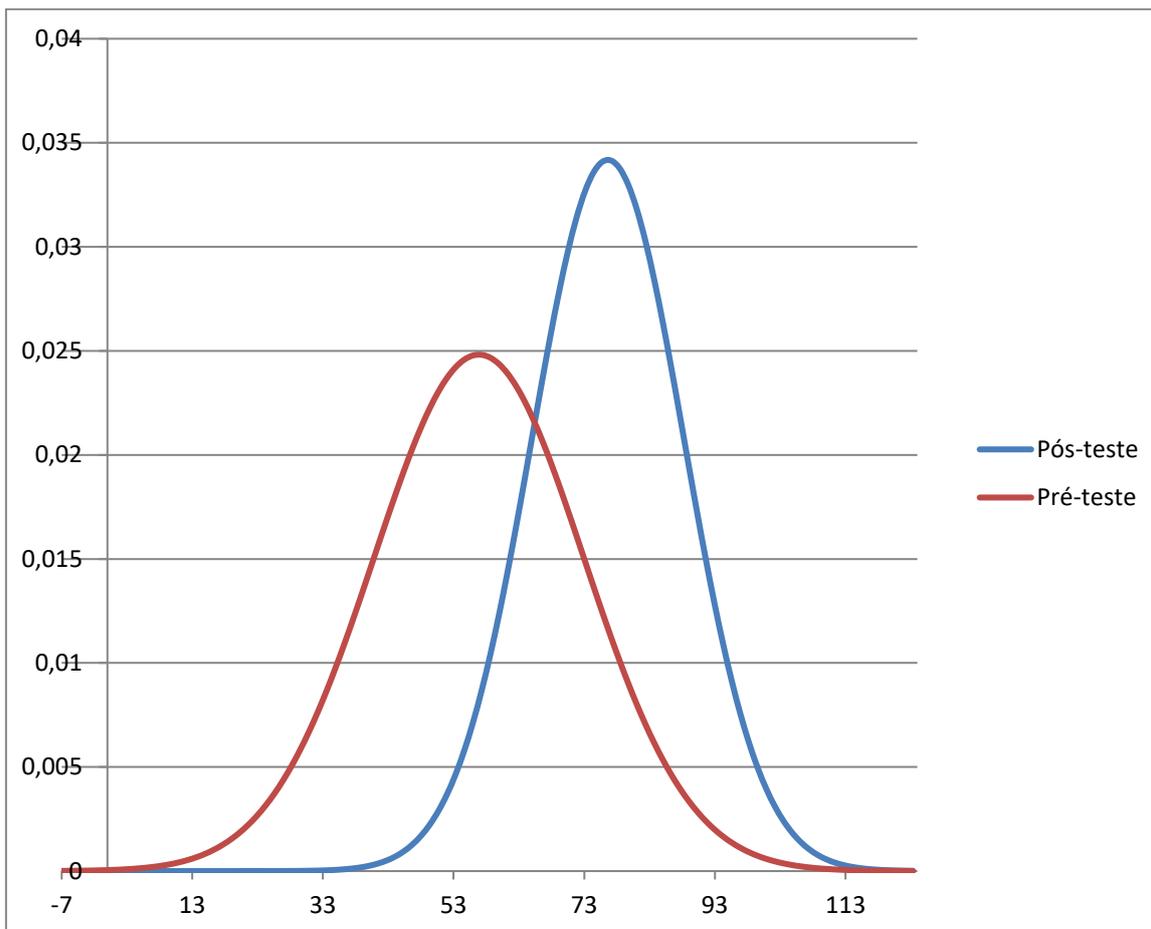
Competências analisadas	Pré-Teste (A)		Pós-Teste (B)	
	X <sub>1</sub> %	X <sub>1</sub> <sup>2</sup> %	X <sub>2</sub> %	X <sub>2</sub> <sup>2</sup> %
Reconhecer os genes como unidade de transmissão hereditária	45	2116	60	3600
Compreender a relação entre genótipo e os fatores ambientais	58	3364	85	7225
Associar o DNA como "receitas" de proteínas	27	729	69	4761
Entender a definição e a importância das mutações	68	4624	81	6561
Identificar a região da célula onde se localiza o material genético	73	5329	83	6889
Compreender que as células de um mesmo organismo são geneticamente idênticas	46	2116	63	3969
Observação de características que não se expressam nos pais e, aparecem nos filhos.	65	4225	94	8836
Reconhecer tecnologias relacionadas à Genética	72	5184	78	6084
(N) = 8	$\bar{X}_1 = 56,88$	$\sum X_1^2 = 27687$	$\bar{X}_2 = 76,63$	$\sum X_2^2 = 47925$

Fonte: O autor

Calculando a Variância utilizando a fórmula  $S^2 = \frac{\sum X^2}{N} - \bar{X}^2$  e variância combinada pela fórmula  $S_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = \sqrt{\left(\frac{N_1 \cdot S_A^2 + N_2 \cdot S_B^2}{N_1 + N_2 - 2}\right) \cdot \left(\frac{N_1 + N_2}{N_1 \cdot N_2}\right)}$  utilizando os dados obtidos (Tabela 6) encontrou-se o grau de liberdade ( $gl = 14$ ) que corresponde na Tabela t de Student ao valor crítico de 2,145 para o grau de significância de 0,05, isso confere ao resultado encontrado 95% de certeza absoluta. Assim, ao calcular o teste t o valor encontrado é de 2,817, superior ao valor crítico da tabela, demonstrando que o grau de significância obtido com o uso das animações realmente é significativo no ensino-aprendizagem.

A partir da observação do teste t foi elaborado o gráfico (Gráfico 2) comparando os resultados alcançados nas duas situações, pré-teste e pós-teste. Nele é possível perceber com maior nitidez o ganho real obtido com o estudo compartilhado entre Genética Molecular e Mendeliana.

**Gráfico 2 - Comparativo de resultados entre pré-teste e pós-teste a partir do teste t de Student.**



Fonte: O autor

### 4.3 Estudo de Genética Utilizando Animações de Genética Molecular

#### 4.3.1 Seleção das Animações

Como foi utilizada a escala Likert de cinco pontos para a mensuração da opinião dos especialistas respondentes e entre os pontos há uma relação equidistante, considerou-se os pontos com valores de 0,0 - 2,5 - 5,0 - 7,5 e 10,0 para as respectivas respostas: discordo totalmente, discordo parcialmente, não concordo e nem discordo, concordo parcialmente e concordo totalmente. De cada vídeo, foi calculada uma média em cada quesito ou questionamento realizado. Depois, foi encontrada uma média aritmética de aproveitamento desses vídeos.

No primeiro momento, foi realizada a análise das animações sobre o processo de replicação do DNA, como o processo dinâmico disposto na Tabela 7.

**Tabela 7 - Médias da avaliação realizada pelos especialistas sobre os vídeos de replicação do DNA, observando quatro questionamentos.**

<b>Vídeos: animações de Genética molecular</b>					
<b>Os vídeos apresentam:</b>	<b>Víd. I</b>	<b>Víd. II</b>	<b>Víd. III</b>	<b>Víd. IV</b>	<b>Víd. V</b>
Uma boa qualidade visual aos alunos?	8,75	6,66	8,75	5,42	9,16
Uma sequência de eventos processuais que permitem o seu entendimento?	7,08	7,50	8,33	6,25	8,75
Uma relação clara entre a duplicação do DNA e o processo de reprodução celular (mitose)?	7,08	2,08	7,08	6,66	2,50
Claramente os papéis de fatores como a ação enzimática?	6,25	7,91	7,91	4,58	9,16
Média geral de cada vídeo	7,29	6,04	8,02	5,73	7,39

Fonte: O autor

Como observamos na Tabela 7, os vídeos III e V, obtiveram os melhores resultados nas análises dos especialistas em Genética, no sentido de contemplar os questionamentos propostos pela pesquisa. As médias mostram que eles contemplam de forma satisfatória todos os aspectos considerados para o desenvolvimento do processo e, sobretudo, a possibilidade de atrelamento e contextualização quando se trabalha os conceitos iniciais da Genética.

Igualmente foram realizadas as análises dos vídeos que retratam todo o processo de expressão gênica, desde a transcrição até o mecanismo de síntese proteica, resultados esses expressos na Tabela 8.

**Tabela 8 - Médias da avaliação realizada pelos especialistas sobre os vídeos de tradução gênica, observando cinco questionamentos.**

<b>Vídeos: animações de Genética molecular</b>					
<b>Os vídeos apresentam:</b>	<b>Víd. I</b>	<b>Víd. II</b>	<b>Víd. III</b>	<b>Víd. IV</b>	<b>Víd. V</b>
Apresenta boa qualidade de imagens e sequência eventos corretos e fáceis para a compreensão dos alunos?	3,75	9,16	8,33	8,75	6,66
Estabelece a relação cromossomo, DNA e gene?	3,33	7,5	7,91	5,41	4,16
Deixa claro os locais da célula onde ocorrem a transcrição e tradução?	5,00	8,75	7,91	6,25	4,58
Mostra claramente os papéis do DNA, RNAs e das enzimas?	4,58	7,91	6,66	5,83	5,41
Estabelece a relação entre gene, proteína e característica?	1,25	4,16	5,41	1,66	2,5
Média geral de cada vídeo	3,58	7,50	7,24	4,65	4,60

Fonte: O autor

Em relação ao processo de tradução gênica, que traz uma complexidade maior de eventos por si só, e na sua cronologia, os vídeos II e III revelaram uma avaliação mais destacada e esperada nos resultados, assim como alcançaram as melhores médias gerais, mostrando serem mais amplos e claros para as aplicações em sala, no sentido de estruturar melhor o conhecimento sobre o material genético e em relação à forma como se expressa. A animação IV foi a terceira mais bem avaliada, apesar de uma média geral baixa, destacou-se no quesito qualidade visual e apresentação de eventos de todo o processo de uma forma que facilita a compreensão por parte dos alunos.

#### **4.4 Utilização das Animações de Genética Molecular nas Aulas de Genética Mendeliana**

O uso em sala de aula desses vídeos selecionados previamente comprovou que o desempenho dos alunos, ao se estudar os conceitos básicos de Genética Mendeliana juntamente com a Genética Molecular, foi melhor aproveitado (Tabela 9). Nesse panorama, observa-se a importância do estudo simultâneo e, principalmente, associado entre essas duas áreas da Biologia.

Com a utilização de animações, os resultados foram potencializados, como é possível notar nos tópicos específicos dos processos moleculares enfocados, tais como a compreensão das estruturas dos ácidos nucleicos, a atuação da maquinaria enzimática, as funções de cada molécula no processo e a importância da replicação do DNA, permitindo maior suporte na compreensão dos conteúdos relacionados à Genética Mendeliana. Na Tabela 9, temos os resultados comparativos em relação ao aproveitamento dos estudos associados entre Genética Mendeliana e Genética Molecular, tendo como auxílio as animações trazidas nos vídeos selecionados.

**Tabela 9 - Porcentagens de acertos dos alunos participantes da pesquisa, antes e depois do estudo compartilhado de Genética com utilização de animações de Genética Molecular.**

(Continua)

<b>Competências analisadas</b>	<b>Antes</b>	<b>Depois da revisão</b>
Entender a definição de gene	42%	82%
Identificar a região da célula onde se localiza o material genético	83%	86%
Compreender as estruturas dos ácidos nucleicos (DNA e RNA)	65%	84%
Reconhecer os papéis dos RNAs no processo de tradução	50%	76%

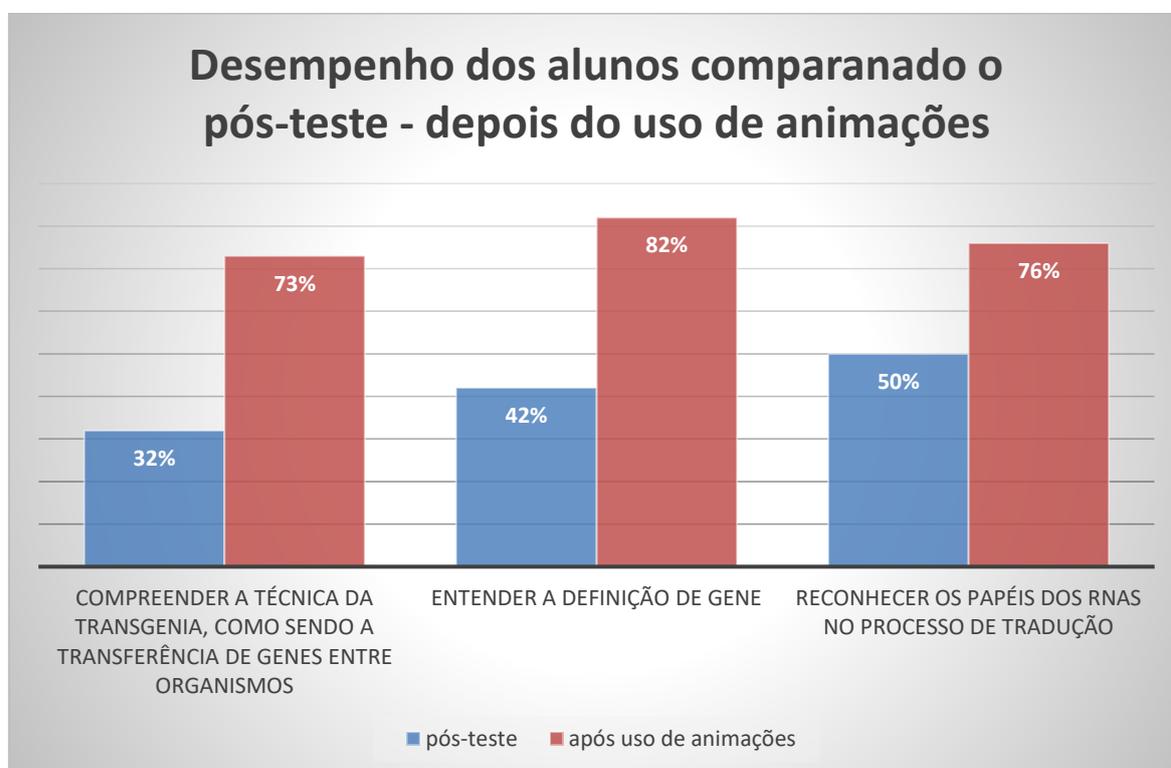
(conclusão)

Competências analisadas	Antes	Depois da revisão
Relacionar cromossomo com DNA	71%	76%
Reconhecer os genes como unidades de transmissão hereditárias	60%	76%
Estabelecer a relação entre: DNA, gene, proteína e característica.	69%	82 %
Compreender a técnica da transgenia, como sendo a transferência de genes entre organismos.	32%	73%

Fonte: O autor

Como podemos observar no Gráfico 2, das competências consideradas nos questionamentos, observou-se um grande avanço por parte dos alunos na capacidade de entender o conceito de gene e de identificar e compreender a técnica que leva à geração de um organismo transgênico. O entendimento do tema leva à facilitação do estudo de Genética Mendeliana e, quando se relaciona algo do meio científico, visto em sala de aula, com assuntos cotidianos, como alimentos transgênicos, possivelmente, nesse momento, há a consolidação do conhecimento.

**Gráfico 3 – Análise sobre o aproveitamento no entendimento do conceito de gene, sua expressão e tecnologia relacionadas, antes e depois do estudo de Genética (Mendeliana e Molecular) e com a mesma prática utilizando animações sobre duplicação e tradução.**



Fonte: O autor

Com intuito ainda de validar e conferir confiabilidade às análises quantitativas realizadas após a utilização das animações também se aplicou o teste t de *Student* aos dados dispostos na tabela 9, de forma a ser possível verificar as diferenças estatísticas alcançadas conforme se observa na tabela 10.

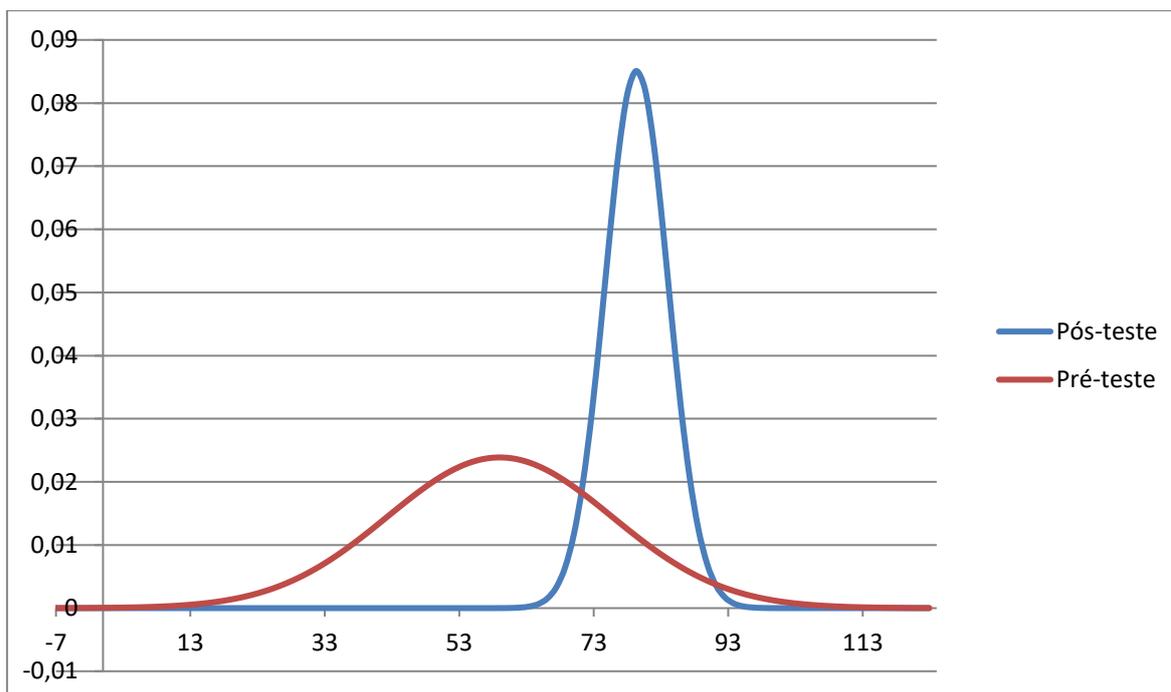
**Tabela 10 - Teste T-Student aplicado às Porcentagens de acertos dos alunos participantes da pesquisa, antes e depois do estudo compartilhado de Genética com utilização de animações de Genética Molecular**

Competências analisadas	Antes		Depois da revisão	
	X <sub>1</sub> %	X <sub>1</sub> <sup>2</sup> %	X <sub>2</sub> %	X <sub>2</sub> <sup>2</sup> %
Entender a definição de gene	42%	1764	82%	6724
Identificar a região da célula onde se localiza o material genético	83%	6889	86%	7396
Compreender as estruturas dos ácidos nucleicos (DNA e RNA)	65%	4225	84%	7056
Reconhecer os papéis dos RNAs no processo de tradução	50%	2500	76%	5776
Relacionar cromossomo com DNA	71%	5041	76%	5776
Reconhecer os genes como unidades de transmissão hereditárias	60%	3600	76%	5776
Estabelecer a relação entre: DNA, gene, proteína e característica.	69%	4761	82 %	6724
Compreender a técnica da transgenia, como sendo a transferência de genes entre organismos.	32%	1024	73%	5329
(N) = 8	$\bar{X}_1 = 59$	$\sum X_1^2 = 24804$	$\bar{X}_2 = 79,37$	$\sum X_2^2 = 50557$

Fonte: O autor

Não houve alteração no grau de liberdade ( $gl = 14$ ), logo o valor corresponde na Tabela t de Student também em nada se alterou, e o valor encontrado com a aplicação do teste t para essa situação se manteve superior ao valor crítico apresentado pela tabela, demonstrando que o grau de significância obtido com o uso das animações realmente é relevantemente significativo ao ensino-aprendizagem (Gráfico 4).

**Gráfico 4 - Comparativo de resultados entre o aproveitamento dos alunos antes (vermelho) e depois do uso de animações (azul) de Genética molecular nas aulas iniciais de Genética Mendeliana, a partir do teste t de Student.**



Fonte: O autor

## 4.5 Atividades Complementares Desenvolvidas

### 4.5.1 Atividade 1: representação do mecanismo de tradução gênica (leitura dos códons)

A representação prática de algo imperceptível aos olhos e tão abstrato, como é o processo de síntese proteica, representou uma medida de fortalecimento e ratificação daquilo que já tínhamos estudado através do uso de slides e, posteriormente, de animações de Genética Molecular. Por ser uma atividade lúdica, notou-se a participação maciça dos alunos, pois teriam que ficar atentos na observação do códon da vez, se correspondia a algum de seus anticódons, visto que eles representavam as moléculas de RNA transportador. Praticamente todos os alunos atenderam satisfatoriamente ao serem chamados na atividade, levando o aminoácido correspondente ao códon, para ser adicionado à proteína em formação.

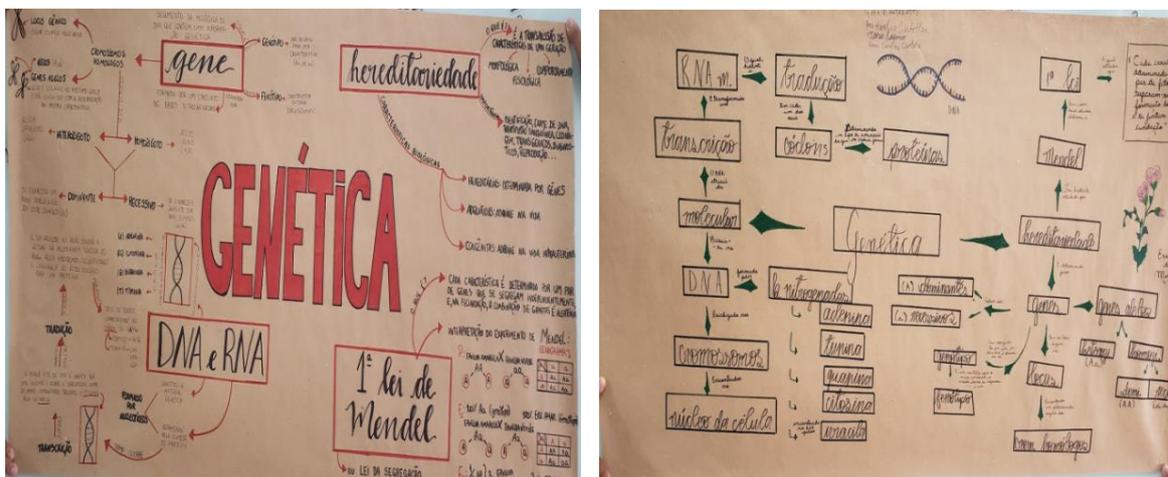
Além de a atividade gerar momentos de alegria e descontração, promoveu, em termos visuais, a tradução do código genético na medida em que o ribossomo deslizava pela fita de RNAm, a molécula de proteína era “construída”, sintetizada pela adição dos aminoácidos. Ao final da atividade, o professor promoveu uma recapitulação geral,

mostrando cada etapa realizada e, principalmente, mostrando que uma característica hereditária corresponde ao reflexo de uma proteína e essa ao material genético (DNA).

#### 4.5.2 Atividade 2: construção de mapas conceituais

Durante a construção dos mapas conceituais, houve grande envolvimento entre os componentes dos grupos e debate, entre eles, com naturais divergências e argumentações sobre as ideias propostas, configurando, assim, um momento de crescimento social e intelectual. Das duas turmas envolvidas na atividade (3ª séries C e D), obtiveram-se ótimos resultados na elaboração desses esquemas visuais que externam conceitos e seus relacionamentos, como podemos observar nos mapas da Figura 6.

**Figura 6 - Mapas conceituais confeccionados e apresentados pelos alunos, estabelecendo relações entre os conceitos de genética mendeliana e genética molecular**



Fonte: O autor

No entanto, alguns grupos necessitaram de orientação do professor, no sentido de organização de ideias, e a maioria precisou de tempo adicional, além das duas aulas previstas (1h50min) para a finalização dos trabalhos.

## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 Análise dos Livros

Podemos observar, na prática docente, que as coleções dos livros didáticos utilizados em escolas públicas passam de forma constante por revisões e mudanças na ordenação dos conteúdos, com o intuito de obter maior coerência possível para facilitação do processo ensino-aprendizagem. No entanto, nota-se ainda muita indecisão quanto à maneira de ordenar os conteúdos das diversas áreas biológicas, para que uma sirva de suporte a outra. Há certa polêmica sobre a ordenação dos conteúdos a serem trabalhados nas aulas de Biologia (KRASILCHIK, 2008). Desta forma, como não há uma unanimidade, ou uma receita pronta como um roteiro a ser seguido, recai sobre os professores a responsabilidade de organização do currículo, de forma que atendam da melhor maneira as necessidades dos alunos, favorecendo, desse modo, o desenrolar da aprendizagem.

A análise dos livros didáticos revelou uma tendência de aproximação dos conteúdos de Genética Molecular e Genética Mendeliana, mostrando a preocupação dos autores em associar os conhecimentos das duas áreas. Vimos que, das sete coleções analisadas, três iniciaram o estudo de Genética Molecular na série inicial do ensino médio (volume I) e concluíram na terceira série (volume III), geralmente antes de iniciar o estudo de Genética Mendeliana. Mesmo com essa preocupação em unir os dois assuntos no mesmo volume, não há ainda uma clara e notória indicação de relacionar e atrelar os conceitos advindos da Genética Molecular aos de Genética Mendeliana. Verificou-se uma tendência do estudo conjunto, mas ainda sem estabelecimento de “pontes” entre os assuntos das duas áreas, continuando, ainda que trabalhados no mesmo volume, fragmentados, intermitentes e sem a associação devida entre os conceitos.

Observa-se que a contextualização é uma preocupação constante nos currículos do ensino médio para combater a fragmentação existente dentro de cada disciplina. Contudo, o grande volume de conteúdos previstos para serem trabalhados em cada série do ensino médio representa grande obstáculo no desenvolvimento de material interdisciplinar (RIBAS *et al.*, 2017).

É importante enfatizar que a coleção “Conexões com a Biologia” da editora Moderna, de Thompson *et al.*, diminuiu a “lacuna” de tempo entre o estudo das áreas mencionadas, colocando Genética Mendeliana já no volume II. Embora essa aproximação

de conteúdos represente um avanço, ou seja, uma facilitação para diminuir o abismo entre os conceitos genéticos, mesmo que explicitamente não estejam associados, cabe aos professores promoverem a união de conceitos, não só no mesmo livro didático, como estão nessas coleções, mas na mesma aula, de forma que se complementem e atribuam sentido àquilo que está sendo “construído”, o conhecimento genético.

A mesma coleção, depois de uma breve introdução sobre os ácidos nucleicos no volume I, retoma o assunto no segundo volume; primeiro com as propriedades do DNA (duplicar-se e transcrever seu código para RNA), mas, não complementando a ideia de que isso levaria à síntese de uma proteína, e sim de uma mera característica. Mesmo mencionando que, a partir do RNAm ocorrerá a síntese de uma proteína, certamente a fixação do conceito de gene, estudado logo em seguida, na introdução à Genética Mendeliana, faria pouco sentido ao aluno.

Somente depois, antes de introduzir o estudo de engenharia genética, os autores realizam o complemento do estudo da Genética Molecular, retratando de forma satisfatória o mecanismo da expressão gênica. Realmente, a ideia de relacionar a expressão dos genes por meio da síntese de proteínas às técnicas de engenharia genética faz sentido. Mas, será que, se o conceito de gene estivesse mais claro no estudo anterior, esse não promoveria maiores efeitos no entendimento das tecnologias, como clonagem e transgenia? Possivelmente sim, pois os conceitos científicos básicos, quando bem estruturados e fixados, promovem a facilitação de outros conceitos afins ou relacionados, trazendo conhecimento científico para a vida cotidiana dos jovens estudantes, além de transformar os próprios conceitos que são os pré-requisitos necessários.

Certamente, quando realizamos a contextualização de um determinado assunto, estamos promovendo a junção do conhecimento a sua origem e, sobretudo, as suas aplicações na vida cotidiana dos alunos. Dessa forma, estreitar o espaço entre o conhecimento científico e sua aplicação prática implica numa maior motivação aos estudantes nas aulas e, com maior motivação, certamente teremos maior aprendizagem (RIBAS *et al.*, 2017).

Em todas as coleções também se observou que houve clara preocupação de estabelecer relação entre DNA, cromatina e cromossomo no estudo do material genético, assunto esse que antecede os processos de divisões celulares. Sempre com boas e destacadas ilustrações, deixa claro que a estrutura cromossômica em última análise é representada pelo próprio DNA e dele dependem todos os fenótipos ou características hereditárias. Além disso, essa compreensão promoverá, com certeza, maior aprendizagem

no estudo de mitose e meiose e, por conseguinte, reverberará de forma positiva no entendimento das leis mendelianas, que fundamentam a Genética.

De forma negativa, notou-se que apenas dois autores mencionaram, ainda de forma tímida, a relação entre gene, proteína e característica. Professores bem preparados certamente observarão a importância dessa relação e realizarão esse atrelamento de conceitos, para a facilitação futura dos assuntos relacionados à Genética Mendeliana. Porém, empecilhos como carga horária insuficiente para o volume de conteúdos exigidos para cada série do ensino médio, levariam simplesmente àquilo que comumente vemos nas salas de aulas das escolas públicas do Brasil, um roteiro de estudo que segue piamente a sequência dos livros didáticos, tornando o processo ensino-aprendizagem fragmentado e desconectado com a realidade dos alunos.

Certamente existem preocupações no sentido de desenvolver cada vez mais um material didático sempre atualizado, contextualizado, integrado e mais atraente ao estudante de modo que facilite cada vez mais o trabalho do professor e desperte nos alunos o querer aprender e a capacidade de aplicar no dia a dia conhecimentos científicos adquiridos.

Para que a aprendizagem se consolide, é preciso que, além da motivação do aluno, tenhamos material potencialmente significativo que atribua sentido a conceitos preexistentes apropriados. Portanto, uma ferramenta pedagógica como o livro didático teria papel relevante no processo ensino-aprendizagem, caso esse seja ordenado, sistematizado e atrativo aos estudantes, para que consigam, eventualmente, atrelar conhecimentos prévios aos assuntos abordados no material (MOREIRA, 2013).

Em materiais apostilados, adotados por escolas de ensino médio da rede privada, é possível perceber constantes atualizações, como foi observado com o material SAS (Sistema Ari de Sá), adotado por uma escola particular do município de Primavera do Leste. Na referida coleção, na 1ª série são estudados os ácidos nucleicos e síntese proteica, retomados na 2ª série em dois momentos, por ocasião do estudo de Genética Mendeliana e de Engenharia Genética. Na organização da apostila, a introdução do estudo de Genética Mendeliana principia com um exemplo prático da expressão gênica, a proteína insulina que atua como hormônio estimulador da conversão de glicose em glicogênio no fígado, propiciando diminuição da glicemia do sangue. Foi explicado que essa proteína representa o produto de uma sequência genética encontrada na molécula de DNA e, quando ocorre alguma alteração nessa sequência, a produção da proteína fica comprometida, acarretando o diabetes. Como podemos visualizar nas duas primeiras páginas desse capítulo (Figura 7),

existe o objetivo claro e evidente dos autores de estudar Genética Mendeliana e Molecular não somente na mesma apostila (volume), mas de associar os conhecimentos das duas áreas.

**Figura 7 - Foto do material apostilado (SAS), mostrando a intenção de relacionar os conhecimentos da genética mendeliana e molecular**



Fonte: O autor

## 5.2 Uso do Estudo Compartilhado entre Genética Molecular e Genética Mendeliana

Como vimos anteriormente, a divisão dos conteúdos entre as três séries do ensino médio aloca os assuntos relacionados à Citologia como pré-requisitos para as demais áreas na primeira série (volume I), o que é plenamente compreensível, pois, se bem trabalhado, pode fundamentar o restante do percurso dos discentes. Mas, quando isso não ocorre, a compartimentalização dos conteúdos pode causar estragos, pois as assimilações de assuntos de outras áreas biológicas dependem dessa base.

Desse ponto de vista, a fragmentação dos conteúdos e sua desarticulação com o contexto social, fato que evidencia a histórica dicotomia entre teoria e prática, pode ser uma das causas de desmotivação, desinteresse e apatia dos estudantes. Daí porque defende-se a ideia de que a educação desenvolvida na escola precisa ser útil para a vida, de modo que os estudantes possam articular o conhecimento construído com possibilidades reais de aplicação prática, ou seja, aprender com sentido, com significado contextualizado (DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017, p. 276).

Considerando o conceito de gene como fundamental para a compreensão dos assuntos posteriores ao estudo de Genética Mendeliana na medida em que este

contribui dando sentido aos símbolos ou letras adotadas nos cruzamentos genéticos, entende-se que o desafio principal é tornar esse conceito tão abstrato em algo mais acessível, desvendando sua estrutura, sua localização e, sobretudo, como determina nossas características mediante o controle da síntese proteica. A comparação entre o antes (pré-teste) e o depois do estudo compartilhado (pós-teste) mostra avanços na captação de ideias, por exemplo, sobre o papel determinante dos genes (DNA) para a expressão das características hereditárias.

Verificou-se que os avanços na compreensão da estrutura, localização e expressão dos genes contribuiu no sentido de clarificar outros conceitos fundamentais da Genética Mendeliana, como genótipos, fenótipos e relação de dominância. O estudo concomitante, relacionando os conhecimentos das duas áreas supracitadas, permitiu a “ancoragem” de ideias que se complementam, conforme a ponderação da aprendizagem significativa. Dessa forma, os conhecimentos construídos se fixam de forma efetiva na estrutura cognitiva dos alunos, ampliando a capacidade de contextualização do conhecimento científico.

### **5.3 Estudo de Genética Utilizando Animações de Genética Molecular**

#### **5.3.1 Escolha das Animações**

A escolha das animações/vídeos de genética molecular se fez necessária, pois atribuiu grande respaldo ao material testado com os alunos, uma vez que teve múltiplas visões e opiniões de especialistas da área no que diz respeito às estruturas moleculares dos ácidos nucleicos, à dinâmica dos processos moleculares de duplicação e à tradução gênica. Levou-se em consideração cada um dos critérios utilizados na análise das animações, como qualidade do material, ordem cronológica de eventos compreensíveis e se eles estabelecem relações com outros temas, como é o caso dos processos de divisões celulares e expressão dos genes por meio da síntese de proteínas e essa última foi o item que os vídeos menos contemplaram.

No item em que o questionamento era se o mesmo foi claro em relação a gene (DNA), proteína e característica, obteve-se as piores avaliações, já que não contemplava de forma visível e compreensível que uma característica hereditária, quando aparece em um organismo vivo, representa o reflexo de uma proteína. Os vídeos

selecionados sobre o mecanismo de tradução gênica ou síntese proteica possibilitariam ao professor estabelecer essa relação, dando, assim, sentido ao conceito de gene.

#### **5.4 Uso das Animações de Genética Molecular nas Aulas de Genética Mendeliana**

Como já mencionado, constatou-se também que o estudo de conceitos básicos de Genética Mendeliana associado aos processos de Genética Molecular, por meio de slides (apresentação *PowerPoint*), possibilitou consideráveis melhoras na compreensão desses conceitos. Mesmo com essa prática pedagógica, foram identificadas certas dificuldades dos alunos em assimilar processos celulares complexos, dependentes de vários fatores e tipos moleculares e por esses serem processos dinâmicos, com etapas e eventos que se sucedem.

Existe natural dificuldade dos alunos em imaginar, quando se observa uma estrutura tridimensional, como é o caso das células, organelas citoplasmáticas e moléculas orgânicas, na forma plana, acarretando a elaboração de concepções adulteradas sobre os assuntos estudados (KRASILCHIK, 2008).

Por esse motivo, é de suma importância a utilização de estratégias, tais como os vídeos, dotados de capacidade de ampliar a visão e a interpretação dos estudantes, diminuindo o grau de abstração do assunto que evitaria a elaboração de ideias errôneas, na medida em que, ao serem analisadas somente imagens de processos, cada indivíduo pode construir uma visão diferente dos reais eventos e suas peculiaridades.

A compreensão do mecanismo de tradução gênica é fundamental para o proveito de outros conceitos biológicos. De modo que, associando um código, representado por uma sequência de “letrinhas” (bases nitrogenadas), por vezes, sem nenhum sentido para os estudantes, a um produto final (proteína), que, por sua vez, determinará o aparecimento de uma característica (fenótipo), trará sentido ao conceito genético, se for devidamente fixado pelos alunos.

Da mesma forma, ao observar a dinâmica da incrível capacidade do DNA (não sozinho) de se duplicar, o mesmo permite o entendimento do porquê que as células de um mesmo organismo são geneticamente iguais. A boa fundamentação de ideias como essas permite que sejam utilizadas como suporte para outros assuntos associados, por exemplo, considerando que são geneticamente iguais, então, de que forma as células de diferentes tecidos sintetizam proteínas diferentes? Assim, pode-se ir avançando para outros aspectos do conhecimento genético, a saber, mecanismos de expressão gênica de forma

mais estruturada e, por que não, desenvolvendo certa autonomia nos estudantes no processo ensino-aprendizagem?

Com a utilização de animações de Genética Molecular como suporte no estudo de Genética Mendeliana, foi possível a ampliação no entendimento dos conceitos relacionados aos temas e, sobretudo, na capacidade de “atrelar” essas informações a conhecimentos e tecnologias vistas corriqueiramente no dia a dia dos alunos, como os exames de DNA, clonagem e transgenia. Dos avanços observados por meio do teste de desempenho e comparados ao pós-teste (estudo de Genética Mendeliana + Genética Molecular), destacaram-se a capacidade de compreensão do conceito de gene, da técnica de transgenia como sendo transferência de genes e da dinâmica do processo de síntese proteica.

Uma melhoria na percepção de ideias que fazem parte do contexto de vida dos estudantes, como a compreensão da técnica de transgenia, reflete a ampliação da capacidade de associar assuntos científicos vistos em sala de aula à vida cotidiana. Desse modo, podem se posicionar de forma ética e argumentativa quanto às polêmicas que toda nova tecnologia pode gerar.

A contextualização promove motivação nos estudantes, levando a um maior interesse na aquisição de conhecimentos, propiciando reflexos para toda a vida do aluno na medida em que estreita o “abismo” entre o conhecimento científico e aquele utilizado corriqueiramente. Dessa forma, a necessidade de aprender aquilo que lhe faz sentido permite um processo mais natural e aceitável de ideias, questionamentos e reconstrução do conhecimento (RIBAS *et al.*, 2017).

## **5.5 Atividades Complementares Desenvolvidas**

As atividades 1 e 2, desenvolvidas com duas das quatro turmas envolvidas na pesquisa, além de atuar como um processo avaliativo, significou “ganho” qualitativo na medida em que coloca os estudantes como protagonistas de todo o processo. Ao mesmo tempo em que as atividades avaliavam a aprendizagem dos alunos sobre os temas, promoveu também maior fixação e ampliação dos conhecimentos genéticos. Ou ainda, significou para alguns, o primeiro momento de real aprendizagem, pois, cada um apresenta formas diferentes de aprender de modo que, ao se ampliar as formas de abordar um mesmo tema, pode-se representar um processo ensino-aprendizagem mais contemplador e abrangente. Sendo assim, “[...] o professor deve também planejar e desenvolver situações

frequentes onde conceitos já abordados sejam retomados e retrabalhados sob novas formas, estabelecendo novos relacionamentos conceituais” (SCHNETZLER, 1992, p. 20). Dessa forma, propicia a aplicação e a ampliação dos assuntos trabalhados em sala de aula.

A atividade 1, em que os alunos atuam representando o ribossomo e as moléculas participantes do processo de síntese de proteínas (RNAm, RNAt e aminoácidos), constitui uma prática visível de algo invisível aos nossos olhos. Além de ser prazerosa, reúne prática ao conhecimento científico, propiciando maior fixação e transformação do mesmo.

Este par altamente conectado, fazer/compreender, coloca em união o trabalho prático e o trabalho intelectual. Nesse sentido, a manipulação configura-se não apenas em ação prática, mas em ação feita a partir de considerações sobre objetos mentais e reais. Abre-se a possibilidade, a partir desse trabalho, para a organização das informações que já se possui e outras que vão sendo obtidas e construídas, para o reconhecimento de variáveis que, em um caso específico, acabam influenciando o fenômeno, e para a desconsideração de outras que, na dada investigação, não estão em foco. Surgem, pois, oportunidades para construir relações entre variáveis e, portanto, para novos conhecimentos. Cada uma destas ações é parte do processo investigativo, permitindo aos estudantes resolverem o problema e compreenderem as causas do que foi realizado, bem como preverem o que pode surgir em decorrência (SCARPA; SASSERON; SILVA, 2017, p. 15).

Fenômenos biológicos intracelulares, por si só, trazem complexidade atribuída à questão de não serem visíveis ou observáveis os seus mecanismos de atuação. O que podemos notar são os seus reflexos, no caso estudado, as características fenotípicas. Dessa forma, a participação em uma atividade prática que representa um fenômeno molecular tão complexo, sendo ele parte do processo metabólico, possibilita aos estudantes uma visualização macro, reforçando ainda mais o conhecimento construído.

Nesse sentido, as atividades lúdicas, como essa (simulação da síntese proteica), prendem mais a atenção dos alunos, pois eles participam ativamente do processo, mantendo a concentração, fazendo conexões e tomando decisões. Dessa forma, essa atividade pode ser trabalhada como complemento da matéria, além de divertida e atrativa, mostrou-se como uma ótima estratégia de revisão, além de funcionar como reforço para tudo aquilo que envolve esse fenômeno celular, tão importante para a vida.

A prática pedagógica de se trabalhar com mapas conceituais consiste numa aprendizagem significativa, visto que ela permite uma série de caminhos para sua elaboração e dependem dos conhecimentos sobre o assunto, capacidade de inter-relacionar conceitos e hierarquizá-los, além da inspiração baseada na ação cognitiva dos alunos que devem planejar e executar a tarefa proposta. Os mapas conceituais representam as ideias de

quem os confecciona, de forma que, ao explicar esse esquema, os estudantes externam o que lhes é interno, promovendo ampliação de sua aprendizagem. Evidencia-se aprendizagem significativa quando os alunos mostram capacidade de explicar e justificar seus mapas conceituais aos demais colegas e para o professor (MOREIRA, 2013).

A elaboração dos mapas conceituais colaborou na ratificação do desenvolvimento da capacidade de inter-relacionar os termos utilizados em Genética Mendeliana com os conhecimentos oriundos da Genética Molecular, possibilitando a ampliação e a consolidação do processo ensino-aprendizagem. Observa-se essa ratificação com a qualidade perceptível apresentada nos mapas conceituais e, principalmente, com a explicação de cada grupo sobre o material confeccionado.

A desenvoltura nas argumentações ao apresentar os trabalhos aos colegas demonstra que surge uma linha de raciocínio que promove e amplia a construção dos conceitos científicos enfatizados. A proposição de resoluções de problemas que envolve organizar, relacionar e contextualizar assuntos trabalhados em sala de aula representa atividades de ensino investigativo, pois favorece formas diferentes de interpretações de um mesmo assunto, possibilitando a “construção” real do conhecimento (SCARPA; SASSERON; SILVA, p.17, 2017).

Diversos mapas conceituais foram confeccionados pelos alunos, e, embora o tema fosse o mesmo, a abordagem de cada grupo foi incrivelmente distinta, mas igualmente com grande qualidade, representando a expressão dos alunos acerca dos conceitos de genética. Além disso, essa qualidade foi exposta nas apresentações de cada grupo ao transmitir aos colegas aquilo que foi por eles elaborado, consistindo em uma etapa importante do ensino investigativo, que leva à aprendizagem significativa.

## 6 CONCLUSÃO

Verificou-se que os alunos apresentam grandes dificuldades na compreensão dos conceitos básicos da Genética Mendeliana, fato esse que contribui para o insucesso da aprendizagem dos demais assuntos relacionados ao tema. De modo particular, a pesquisa observou e investigou sobre alguns dos possíveis problemas que justificam esse insucesso e sobre medidas alternativas que poderiam auxiliar na modificação desse panorama.

Desta forma, conhecer como os livros didáticos abordam os conteúdos foco desta pesquisa foi inevitável. O tradicional distanciamento entre o estudo de Genética Molecular e Genética Mendeliana foi analisado em todos os livros didáticos pré-selecionados e constatou-se que, mesmo nas coleções em que os assuntos são abordados em um mesmo volume, não existe vinculação direta entre os conceitos das duas áreas. Daí a importância desses estudos serem concomitantes, pois se perceberam resultados positivos alcançados durante a pesquisa, um acréscimo considerável no grau de compreensão dos conceitos de Genética Mendeliana quando estudados de forma conjunta aos assuntos relacionados à Genética Molecular.

Tendo em vista que os processos de replicação e tradução são mecanismos moleculares complexos, dependentes de vários fatores como ação enzimática, dispêndio de energia e presença de nucleotídeos, a utilização de animações tornou esses assuntos menos abstratos aos olhos dos alunos. É possível observar isso pela otimização dos resultados na compreensão de conceitos como gene, cromossomo, fenótipo e transgênicos, após o estudo desses temas com o auxílio dos vídeos que retratam os fenômenos de replicação e tradução.

Por conseguinte, compreende-se que, concretizando esses conceitos, todo o desenrolar do estudo de Genética Mendeliana ocorrerá com maior significação para os jovens estudantes, ampliando sua capacidade de relacionar esses conhecimentos com outros de outras ciências e, principalmente, expandindo sua capacidade de aplicá-los no dia a dia.

Não somente pelos testes de desempenho realizados, mas, principalmente, pelas atividades desenvolvidas após o estudo compartilhado e depois com o uso das animações, particularmente, destaca-se ótimos resultados no trabalho de construção dos mapas conceituais, nos quais se evidenciou a capacidade de estabelecer relações entre conceitos das duas áreas, bem como atrelá-los a um contexto mais amplo.

O uso de animações nas aulas de Genética Mendeliana revelou-se uma intervenção pedagógica eficiente na redução do grau de abstração de conceitos fundamentais como o de gene, de assuntos de difícil compreensão como a relação entre DNA x cromatina x cromossomo e como esse complexo determina todas as características hereditárias dos seres vivos.

Acredita-se que um trabalho bem alicerçado é capaz de dar todo respaldo ao ensino de Genética Mendeliana, que ocupa aproximadamente metade da carga horária do ano letivo visto normalmente na 3ª série do ensino médio. Desta forma, realizar boa fundamentação inicial confere ao desenvolvimento um “caminhar” mais tranquilo durante o estudo na medida em que se aprofunda em particularidades mais complexas.

As atividades práticas, sobre Genética, são restritas nesse nível de ensino pela dificuldade inerente ao tema ou pela falta de estrutura como laboratório e despreparo de professores. Considerando essas dificuldades, torna-se evidente a percepção contínua da maioria dos professores de que é preciso buscar novas alternativas metodológicas que agreguem valor às aulas, para que se tornem interessantes e efetivas aos discentes.

Nessa perspectiva, a utilização das tecnologias digitais, que hoje fazem parte da vida dos jovens, com certeza representa uma das saídas para dinamizar as aulas, mas, sobretudo, promover maximização da aprendizagem, ao passo que essa seja utilizada de forma coesa e harmoniosa com outras estratégias de ensino.

Considerando-se os resultados obtidos, a disponibilidade e a atratividade, organizaram-se as animações selecionadas da internet em um catálogo, seguidas de descrições e estratégias do seu uso. Como se mostraram eficazes para a assimilação dos conceitos iniciais de Genética Mendeliana, o catálogo direciona de forma pontual e dinâmica como a ferramenta pode ser utilizada durante as aulas, auxiliando os docentes do ensino médio e representando mais um material de apoio, já filtrado e complementado, para a facilitação e efetiva consolidação de uma aprendizagem verdadeiramente significativa.

## REFERÊNCIAS

- ALTENFELDER, Anna Helena *et. al.* **Ensinar e aprender no mundo digital: fundamentos para a prática pedagógica na cultura digital.** CENPEC: São Paulo. v.1, p. 17-24, 2011.
- AUSUBEL, D.P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva.** 1a. Ed. PT-467-Janeiro de 2003. ISBN 972-707-364-6.
- BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática.** Porto Alegre: Penso, 2018. 238p.
- BRASIL. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Secretaria de Educação Básica. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. 135 p. (**Orientações curriculares para o ensino médio**; volume 2). Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book\\_volume\\_02\\_internet.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf). Acesso em: 04 mai. de 2020.
- CAMPOS, A. F.; LIMA, E. N. **Ciclo do nitrogênio: abordagem em livros didáticos de ciências do Ensino fundamental.** Revista IENCI - Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 13, n. 1, 2008, p. 35-44. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/418/248>. Acesso em: 20 mai. 2020.
- CARABETTA JÚNIOR, Valter. A utilização de mapas conceituais como recurso didático para a construção e inter-relação de conceitos. **Revista Brasileira de Educação Médica.** vol.37 n.3 Rio de Janeiro July/Sept. 2013. ISSN 0100-5502. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-55022013000300017](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-55022013000300017). Acesso em: 10 abr. 2020.
- CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativa. In: Carvalho, A. M. P. (org.). **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula.** São Paulo: Cengage Learning. 2. reimp. 1. ed. 2013. ISBN 978-85-221-1418-4. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4300055/mod\\_resource/content/1/O%20ensino%20de%20ciencias%20e%20a%20proposicao%20de%20sequencias.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4300055/mod_resource/content/1/O%20ensino%20de%20ciencias%20e%20a%20proposicao%20de%20sequencias.pdf) Acesso em: 15 mar. 2020.
- DIESEL, Aline; BALDES, Alda Leila Santos; MARTINS, Silvana Neumann. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017. Disponível em: <http://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/404/295>. doi 14.2017.268-288.404. Acesso em: 08 abr. 2020.
- FERRETTI, C. J. Mudanças em sistemas estaduais de ensino em face das reformas no Ensino Médio e no Ensino Técnico. **Revista Educação & Sociedade.** Campinas, ano XXI, nº 70, v. 21, n. 70, p. 80-99 Abril/2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/es/v21n70/a06v2170.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2020

FEIJOO, AMLC. Provas estatísticas. *In: A pesquisa e a estatística na psicologia e na educação* [online]. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, 2010, pp. 43-69. ISBN: 978-85-7982-048-9. Available from SciELO Books. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/yvwnwq/pdf/fejoo-9788579820489-10.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2020.

FREITAS, D. S.; SILVA, G.B. Genética numa perspectiva cultural. *In: Ensino de Biologia: conhecimentos e valores em disputa. Anais do I Encontro Nacional de Ensino de Biologia; III Encontro Regional de Ensino de Biologia: RJ/ES.* - Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ensino de Biologia, 2005. p. 194-197. ISBN 85-88578-0-6. (1.: 2005 ago.: Rio de Janeiro, RJ – SBEnBIO: UFRJ). Disponível em: [https://sbenbio.org.br/wp-content/uploads/anais/anais\\_I\\_enebio\\_III\\_erebio.pdf](https://sbenbio.org.br/wp-content/uploads/anais/anais_I_enebio_III_erebio.pdf). Acesso em: 01 mar. 2020.

GRIFFITHS, Anthony; WESSLER, Susan R.; CARROLL, Sean B.; DOEBLEY, John. Introdução à genética. Tradução Sylvia Werdmüller von Elgg Roberto. 11. ed. – Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016. 2036p. ISBN 978-85-277-2995-6.

KRASILCHICK, M. O professor e o currículo das ciências. *In: Temas básicos de Educação e Ensino.* 1.ed. São Paulo: EPU, 2005. 80p. ISBN: 851230510X, 9788512305103

KRASILCHIK, M. *Prática de ensino de biologia.* 4. ed. São Paulo, SP: EDUSP, 2008. 200p. ISBN 10: 85-31407772

LIMA, S. M. P.; NUÑEZ, I. B. *Iniciação científica e pesquisa no ensino médio: concepções e práticas docentes.* *In: Ensino médio: sujeitos, políticas e práticas em discussão.* Rio de Janeiro: Dictio Brasil, 2017.

MANZKE, V. H. B., *Aspectos da interação entre o professor de biologia e o livro didático no ensino de genética, na cidade de Pelotas, RS.* Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999, 160 fl. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/81257>. Acesso em: 08 mar. 2020.

MORAN, José Manuel. *A educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá.* 2. ed. Campinas, SP: Papirus, 2007. 176p. ISBN 97-85-308-0835-8.

MOREIRA, Marco Antonio. *Aprendizagem significativa em mapas conceituais.* Textos de Apoio ao Professor de Física - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. v. 24. n. 6. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2013. 55 p. ISSN 180-2763. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v24\\_n6\\_moreira\\_.pdf](http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v24_n6_moreira_.pdf). Acesso em: 11 abr. 2020.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa Crítica. Publicada também em *Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación*, nº 6, pp. 83-101, 2005, com o título Aprendizaje Significativo crítico. 1ª edição, em formato de livro, 2005. ISSN: 1579-3141. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/122155>. Acesso em: 08 ago. 2020.

MORENO, A. B. *Genética no Ensino Médio: dos Parâmetros Curriculares Nacionais à sala de aula.* Orientadora: Prof. Andréa Carla de Souza Góes. 2007. 54f. Monografia (Especialização em Ensino de Ciências) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro -

UERJ, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em:  
[http://www.nebad.uerj.br/publicacoes/monografias/genetica\\_no\\_ensino%20medio.pdf](http://www.nebad.uerj.br/publicacoes/monografias/genetica_no_ensino%20medio.pdf).  
Acesso em: 08 fev. 2020.

RIBAS, J. E.; PINTO, G. S.; STURZA, R. B.; TOMAZETTI, E. M. Formação integral, interdisciplinaridade e contextualização nas políticas curriculares para o ensino médio. *In: Ensino médio: sujeitos, políticas e práticas em discussão*. 2017, 157-187 p. Organizador: Lucas da Silva Martinez. – Rio de Janeiro: Dictio Brasil, 2017. 365 p. ISBN 978-85-92921-24-8.

ROSA, V. L. **Genética humana e sociedade**: conhecimentos, significados e atitudes sobre a ciência da hereditariedade na formação de profissionais da saúde. Orientador: Prof. Dr. Nelio Bizzo. 2000. 218 fl. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000. Disponível em:  
<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/78640/177778.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 12 mar. 2020.

ROZADOS, H. B. F. **O uso da técnica Delphi como alternativa metodológica para a área da ciência da informação**. Em *Questão*. PPGCOM - Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Informática - 20 anos. v. 21, n. 3, set/dez. 2015, p. 64-86,. ISSN 1808-5245. Porto Alegre: UFRGS, 2015. Disponível em:  
<https://seer.ufrgs.br/EmQuestao/issue/view/2729/showToc>. Acesso em: 15 mar. de 2020.

SCARPA, D.L.; SASSERON, L. H.; SILVA, M. B. O ensino por investigação e a argumentação em aulas de ciências naturais. **Revista Tópicos Educacionais** (Versão on-line), Recife, v. 23, n.1, p.7-27, jan/jun. 2017. Disponível em:  
<https://periodicos.ufpe.br/revistas/topicoseducacionais/article/view/230486>. Acesso em: 12 abr. 2020.

SCHNETZLER, R.P. Construção do conhecimento e ensino de ciências. **Revista Em Aberto**, Brasília, ano 11, nº 55, jul./set. 1992, p. 17-22. e-ISSN: 2176-6673. Disponível em: <http://www.emaberto.inep.gov.br/ojs3/index.php/emaberto/issue/view/195>. Acesso em: 01 fev. 2020.

## APÊNDICE

APÊNDICE 1 – Documento encaminhado à escola onde ocorreu a pesquisa



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA**  
**LINHA DE PESQUISA: ENSINO DE BIOLOGIA**

**TERMO DE ANUÊNCIA**

Declaramos para os devidos fins, que aceitaremos a realização do projeto “**Expressão gênica, pré-requisito para o ensino de Genética: dificuldades e soluções**”, que se refere ao trabalho de conclusão do curso de **MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA – PROFBIO** – da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), sob a responsabilidade do pesquisador **Marivalter Gomes Costa** nesta instituição.

O projeto envolve as turmas das terceiras séries (período matutino e vespertino), e consiste na aplicação de uma sequência didática e verificação da eficácia do estudo dos conceitos básicos da Genética utilizando animações de Genética molecular, para depois, promover a elaboração de um catálogo contendo os links dessas animações, para melhoria do ensino da temática. Esta autorização está condicionada ao cumprimento dos requisitos estabelecidos pela Resolução 510/2016 e suas complementares.

Antes do início da coleta de dados o pesquisador responsável deverá apresentar a esta instituição o Parecer Consubstanciado devidamente aprovado, emitido por Comitê de Ética em Pesquisa, credenciado ao Sistema CEP/CONEP.

---

Escola Estadual Alda G. Scopel  
**Liliane Ferrari**  
(diretora)

APÊNDICE 2 – Documento encaminhado a SECUC (termo de anuência)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA**  
**LINHA DE PESQUISA: ENSINO DE BIOLOGIA**

**TERMO DE ANUÊNCIA**

Declaramos para os devidos fins, que aceitaremos a realização do projeto **“Expressão gênica, pré-requisito para o ensino de Genética: dificuldades e soluções”**, que se refere ao trabalho de conclusão do curso de **MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA – PROFBIO** – da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), sob a responsabilidade do pesquisador **Marivalter Gomes Costa**.

O projeto envolve as turmas das terceiras séries (período matutino e vespertino) da Escola Estadual Alda G. Scopel, e consiste na aplicação de uma sequência didática e verificação da eficácia do estudo dos conceitos básicos da Genética utilizando animações de Genética molecular, para depois, promover a elaboração de um catálogo contendo os links dessas animações, para melhoria do ensino da temática. Esta autorização está condicionada ao cumprimento dos requisitos estabelecidos pela Resolução 510/2016 e suas complementares.

---

**Assessoria Pedagógica**

Secretária de Estado de Educação, Esporte e Lazer de Mato Grosso  
(SECUC)

Primavera do Leste – MT

APÊNDICE 3 – TALE (assinado pelos alunos)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA**  
**LINHA DE PESQUISA: ENSINO DE BIOLOGIA**

**ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Dados de identificação

Título do Projeto: **“Expressão gênica, pré-requisito para o ensino de Genética: dificuldades e soluções”**.

Pesquisador Responsável: Marivalter Gomes Costa

Nome do participante:

Data de nascimento:

**Caro aluno,**

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário, do projeto de pesquisa **“Expressão gênica, pré-requisito para o ensino de Genética: dificuldades e soluções”** de responsabilidade do pesquisador, Professor efetivo de Biologia, Marivalter Gomes Costa, sob a orientação da Professora Dra. Daniela Cristina Ferreira.

Leia cuidadosamente o que segue e me pergunte sobre qualquer dúvida que você tiver. Após ser esclarecido (a) por meio das informações a seguir, e no caso em que aceite fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que possui duas vias. Uma via pertence a você e a outra ao pesquisador responsável. Em caso de não desejar participar da pesquisa, você não sofrerá penalidade alguma.

Essa pesquisa tem por objetivo avaliar a eficácia do estudo simultâneo de Genética (conceitos básicos) e Genética molecular, visto que os assuntos se complementam. Será desenvolvida uma sequência didática, detalhando os conceitos básicos da Genética associada

a Genética molecular (material genético, síntese proteica, expressão gênica, etc.). Em seguida, com aplicação de um questionário, observaremos os efeitos dessa prática de estudo concomitante. Posteriormente, as mesmas turmas, terão aulas com os mesmos temas, mas agora utilizando animações de Genética molecular. Mais uma vez, outro questionário será aplicado, para observar o efeito das animações para a compreensão dos assuntos relacionados a Genética, sendo que não será observado o seu resultado individual. Os encontros ocorrerão uma vez por semana em um período de um mês, com duração de 90 minutos, período das aulas de cada turma.

Com o trabalho pretende-se melhorar nos alunos a capacidade de inter-relacionar assuntos distintos que se complementam, além de desenvolver práticas mais eficientes do uso de ferramentas digitais da internet, que possam motivá-lo e facilitar a sua aprendizagem sobre os conceitos básicos que fundamentam a Genética, através do uso de animações de Genética molecular que auxiliam nesse processo. Ao final do trabalho, será confeccionado um catálogo com links de endereços eletrônicos que poderão ser utilizados por outros professores na sua prática pedagógica, podendo ser mais uma ferramenta no processo ensino aprendizagem, na medida que auxiliará na compreensão dos assuntos relacionados a Genética.

Haverá registros de imagens para análise dos resultados ao longo das aulas, sempre das construções realizadas a nível geral (da turma), nunca da sua imagem explícita. Contudo, as imagens não serão publicizadas e serão mantidas somente até o encerramento da pesquisa, quando serão deletadas. Entretanto, se você não desejar ser fotografado é um direito seu que será respeitado.

Durante a execução da pesquisa poderão ocorrer minimamente riscos de estresse, cansaço, tédio ou constrangimento, seja pelo conteúdo, por brincadeiras de colegas ou pelo tempo de realização das tarefas. Caso você se sinta em dúvida, constrangido ou cansado, o pesquisador o levará para uma sala e conversará com você, fará intervenção junto aos colegas para que cesse a brincadeira. As dinâmicas propostas jamais serão invasivas à sua intimidade, entretanto, como colaborador da pesquisa poderá se frustrar pelo seu desempenho nas atividades propostas, uma vez que, será observado apenas o desempenho da turma. Além disso, poderá se sentir desconfortável por estar sendo avaliado. Nesse caso, o pesquisador fará o possível para sanar qualquer desconforto, ainda assim, caso ocorram, será propiciado um espaço de diálogo para solucionar as dificuldades encontradas. Em caso de danos físicos, psicológicos ou financeiros decorrentes da pesquisa, será indenizado pelo pesquisador, nos

termos da Lei e o ressarcimento das despesas diretamente decorrentes de sua participação na pesquisa.

Você não terá despesa alguma ao participar da pesquisa e poderá deixar de participar ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e não sofrerá qualquer prejuízo, punição ou perseguição. Caso tenha algum gasto com a pesquisa tem a garantia que o pesquisador, professor de Biologia, fará seu reembolso.

Caso ocorra algum dano comprovadamente decorrente de sua participação no estudo, será compensado conforme determina a Resolução 510/16 do Conselho Nacional de Saúde.

Seu nome será mantido em sigilo, assegurando assim a sua privacidade, e se desejar terá livre acesso a todas as informações produzidas pela pesquisa e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que queira saber antes, durante e depois da sua participação. Ou seja, a qualquer momento que desejar terá acesso aos resultados da pesquisa. Os dados coletados serão utilizados, única e exclusivamente para fins desta pesquisa, e seus resultados poderão ser publicados, como parte do universo de alunos participantes.

Caro aluno, caso tenha qualquer dúvida, pedimos a gentileza de entrar em contato com os pesquisadores prof. Marivalter Gomes Costa pelo e-mail marivaltergomes@hotmail.com ou telefone (66) 99930-3280, orientadora prof. D<sup>ra</sup> Daniela Cristina Ferreira pelo e-mail ferreiradc@gmail.com. Também com Comitê de Ética em Pesquisa da UFMT, CEP – Saúde, Endereço: Avenida Fernando Correa da Costa 2367, Bairro: Boa esperança. CEP: 78.060-900 Telefone: (65)3615-8254 e-mail: cepsaude@ufmt.br UF: MT Município: Cuiabá.

Primavera do Leste – MT, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2020.

---

Assinatura do adolescente participante

---

Assinatura do pesquisador

APÊNDICE 4 – TCLE (endereço aos pais ou responsáveis pelos menores participantes da pesquisa)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA**  
**LINHA DE PESQUISA: ENSINO DE BIOLOGIA**

**CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DOS RESPONSÁVEIS**

(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/2012/Resolução 510/2016)

O menor de idade, pelo qual o (a) senhor (a) é responsável, está sendo convidado(a) a participar da pesquisa intitulado “EXPRESSÃO GÊNICA, PRÉ-REQUISITO PARA O ENSINO DE GENÉTICA - DIFICULDADES E SOLUÇÕES”, na Escola Estadual Alda G. Scopel. Tal Pesquisa faz parte do Trabalho de Conclusão de Curso do Mestrado Profissional em Ensino de Biologia – PROFBIO, no qual está matriculado o Professor de Biologia do menor.

O objetivo da pesquisa é propor a utilização de novas estratégias de ensino para facilitar a compreensão dos conceitos básicos de Genética mendeliana, para que este seja eficiente e atrativo aos alunos do ensino médio. O presente trabalho irá “avaliar a influência do método de aprendizagem, por meio de uma Sequência Didática, no processo cognitivo dos alunos, bem como contribuir para aumentar a capacidade dos alunos de inter-relacionar conteúdos”. O principal benefício para o aluno consistirá na prática mais eficiente do uso de ferramentas digitais da internet, que possam motiva-lo e facilitar a sua aprendizagem sobre os conceitos básicos que fundamentam a Genética, através do uso de animações de Genética molecular que auxiliam nesse processo. Ao final do trabalho, será confeccionado um catálogo com links de endereços eletrônicos que poderão ser utilizados por outros professores na sua prática pedagógica, podendo ser mais uma ferramenta no processo ensino aprendizagem, na medida que auxiliará na compreensão dos assuntos relacionados a Genética.

A cooperação do aluno consistirá em assistir aulas, onde serão trabalhados os conteúdos de Genética molecular e Genética mendeliana de forma simultânea. Depois dessas aulas, os alunos responderão um questionário, onde observaremos o efeito dessa prática de estudo concomitante. Posteriormente, as mesmas turmas, terão aulas com os mesmos temas, mas agora utilizando animações de genética molecular. Mais uma vez, outro questionário será aplicado, para observar o efeito das animações para a compreensão dos assuntos relacionados a Genética. Lembrando que não observaremos os resultados individuais, e sim de todo o universo de alunos que participarão da pesquisa. Os encontros ocorrerão uma vez por semana em um período de um mês, com duração de 90 minutos, período das aulas de cada turma.

A participação dele (a) não é obrigatória, podendo a qualquer momento desistir. Tal recusa não trará prejuízos em sua relação com o pesquisador ou com a instituição em que ele estuda, não haverá punição ou atos de perseguição. Tudo foi planejado para minimizar os riscos da participação dele (a), porém se ele (a) se sentir desconfortável com as perguntas, dificuldades com o tema ou desinteresse, poderá interromper sua participação e, se houver interesse, conversar com o pesquisador sobre o assunto a qualquer tempo. As respostas e fotografias realizadas durante o projeto, caso sejam pelo(a) senhor(a) autorizada, não serão divulgadas para evitar a identificação do estudante. Os registros serão realizados sempre a nível de turma, nunca de forma individual.

Ressaltamos que não haverá custos para o aluno por sua participação neste projeto de pesquisa. Caso comprove ter tido algum gasto com a pesquisa tem a garantia que o pesquisador, professor de biologia, fará seu reembolso. Caso ocorra algum dano comprovadamente decorrente de sua participação no estudo, será compensado conforme determina a Resolução 510/16 do Conselho Nacional de Saúde.

Será preservada a identidade do seu filho, ou menor de idade que você é responsável, assegurando assim a privacidade do aluno colaborador, e se desejar terá livre acesso a todas as informações produzidas pela pesquisa e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que queira saber antes, durante e depois da sua participação. Ou seja, a qualquer momento que desejar terá acesso aos resultados da pesquisa. Os dados coletados serão utilizados, única e exclusivamente para fins desta pesquisa, e seus resultados poderão ser publicados.

Além disso, o (a) senhor (a) está recebendo uma via deste termo assinado pelo pesquisador principal, e pode tirar dúvidas agora ou a qualquer momento. Em caso de incerteza(s) e outros esclarecimentos sobre esta pesquisa o(a) senhor(a) poderá entrar em

contato com as integrantes do grupo de pesquisa: prof. Marivalter Gomes Costa pelo e-mail [marivaltergomes@hotmail.com](mailto:marivaltergomes@hotmail.com) ou telefone (66) 99930-3280, orientadora prof. D<sup>ra</sup> Daniela Cristina Ferreira pelo e-mail [ferreiradc@gmail.com](mailto:ferreiradc@gmail.com). Também com Comitê de Ética em Pesquisa da UFMT, CEP – Saúde, Endereço: Avenida Fernando Correa da Costa 2367, Bairro: Boa esperança CEP: 78.060-900 Telefone: (65)3615-8254 E-mail: [cepsaude@ufmt.br](mailto:cepsaude@ufmt.br), UF: MT Município: Cuiabá.

### CONSENTIMENTO

Eu, \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_, declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios da participação do menor de idade pelo qual sou responsável,

\_\_\_\_\_  
(colocar o nome do menor), sendo que:

(  ) aceito que ele(a) participe  
participe

(  ) não aceito que ele(a)

Primavera do Leste – MT, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2020.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Responsável pelo menor

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador

APÊNDICE 5 – Pré-teste aplicado antes do estudo compartilhado de genética mendeliana e molecular; no pós-teste, foi modificado a ordem das questões e alternativas.




**AVALIAÇÃO  
DIAGNÓTICA**

EXPRESSÃO GÊNICA: BASE DA GENÉTICA



1. É comum ouvirmos as expressões populares para se referir a parentesco familiar, como:

- “Laços de sangue”.
- “Sangue do meu sangue”.
- “Puro sangue”.
- “Sangue azul”.

Dentro da Genética, essas ideias:

- a) são aceitas, pois no sangue existem partículas que determinam as características hereditárias.
- b) são aceitas, pois todos os filhos herdam o mesmo tipo de sangue dos pais.
- c) não são aceitas, pois as características hereditárias são determinadas por fragmentos (pedaços) de ácidos nucleicos denominados genes.
- d) não são aceitas, pois as características hereditárias são determinadas pelas proteínas recebidas dos pais.

2. Um dos conceitos mais importante da Genética (estudo da hereditariedade) é o de gene. Podemos definir como gene:

- a) a sequência de aminoácidos de uma proteína, que determina uma característica.
- b) a sequência de bases nitrogenadas do DNA, que determina uma característica.
- c) a sequência de açúcares (desoxirribose) do DNA, que formam RNA mensageiro.
- d) a sequência de glicose do glicogênio, que ao se expressar, determina uma característica.

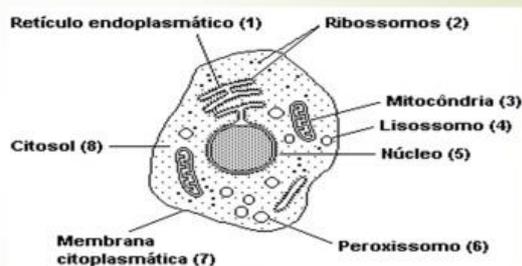
3. Das características hereditárias são determinadas geneticamente e, são transmitidas de uma geração a outra. Além da carga genética, o meio ambiente influencia nessas características. Qual das características abaixo, não sofre (não é alterada) influência ambiental?

- a) Câncer de pele.
- b) Altura.
- c) Tipo sanguíneo.
- d) Cor da pele.

4. A partir do conhecimentos básicos da Genética, desenvolveu uma série de tecnologias. Assinale aquela que não apresenta relação direta com a Genética:

- a) Produção de plantas transgênicas.
- b) Cruzamentos seletivos para “produzir” raças de cães.
- c) Trabalho com células tronco embrionárias.
- d) Produção de vacinas, para o controle de doenças.

5. Nas células, o material genético, que determina nossas características, é encontrado na região indicada pelo número:



- a) 1.
- b) 2.
- c) 5.
- d) 7.
- e) 8.

6. Em junho de 2000, foi anunciada a conclusão da fase do Projeto Genoma Humano em que se determinou a sequência de, aproximadamente, 3 bilhões de nucleotídeos do genoma humano. O conhecimento dessa sequência permitirá determinar

- a) o número de cromossomos presentes nas células humanas.
- b) o número de proteínas que compõem os genes humanos.
- c) quantas moléculas de DNA estão presentes nos cromossomos humanos.
- d) o número total de genes humanos e quais as proteínas codificadas por esses genes.

7. As figuras abaixo mostra a cor dos olhos de um casal e de sua filha, Maria. A partir das características do casal e da filha, foram feitas algumas afirmações. Assinale a ÚNICA INCORRETA:



- a) O casal não pode ser os **pais** biológicos de Maria.
- b) Maria poderia ter recebido através de seus pais, a característica dos avós.
- c) Existem características que podem não manifestar numa geração e aparecer em outra.
- d) Certamente cada componente do casal, apresenta a informação genética para olhos azuis.

8. Dois grupos de mudas obtidas a partir de um mesmo clone de plantas verdes foram colocados em ambientes diferentes: um claro e outro escuro. Depois de alguns dias, as plantas que ficaram no escuro estavam estioladas (esbranquiçadas) e, as do ambiente claro, estavam clorofiladas (verdes). Esse experimento significa que os dois grupos apresentam:

- a) o mesmo genótipo e fenótipos diferentes.
- b) o mesmo fenótipo e genótipos diferentes.
- c) genótipos e fenótipos iguais.
- d) genótipos e fenótipos diferentes.

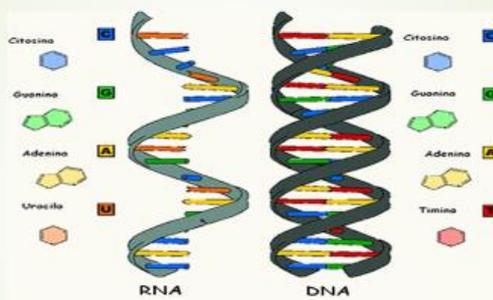


9. O esquema abaixo representa o processo denominado diferenciação celular, que ocorre durante a formação embrionária, originando assim, os diferentes tipos de tecidos que formam os órgãos. Sobre o esquema abaixo, assinale a alternativa INCORRETA:



- a) Para cada órgão, existem células de formas diferentes.
- b) A forma de cada célula, está associada com a sua função no organismo.
- c) Como tem formas diferentes cada tipo celular apresenta material genético diferente das outras, de outros tecidos.
- d) Ocorre a partir das primeiras células embrionárias (células tronco), a ativação e inativação de genes, tornando a células diferentes.

10. Ácidos nucleicos são macromoléculas, formadas por conjunto de nucleotídeos. O desenho abaixo representa os dois tipos de ácidos nucleicos. Sobre eles, assinale a alternativa CORRETA:



- As duas moléculas apresentam dupla cadeia de nucleotídeos.
- As duas moléculas apresentam as mesma bases nitrogenadas.
- No DNA, adenina sempre se liga a timina da cadeia complementar.
- A partir do RNA, ocorre a formação do DNA, processo denominado duplicação.

11. Abaixo temos representado um acontecimento biológico, que leva o surgimento de uma característica anormal. O NOME do fenômeno e a sua explicação esta indicado pela alternativa:



- Mutação – alteração das bases nitrogenadas do DNA.
- Meiose – alteração do número de aminoácidos das proteínas.
- Mutação – alteração dos componentes sanguíneos do animal.
- Crossing-over – troca de genes entre cromossomos homólogos.

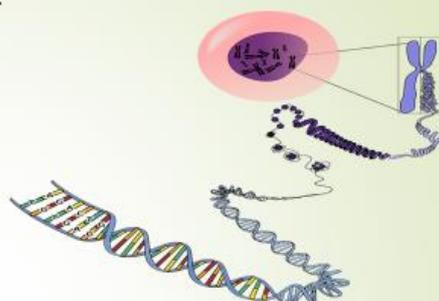
12. O nosso organismo é formado principalmente por uma substância orgânica denominada PROTEÍNAS, que são formadas por um agrupamento de AMINOÁCIDOS. De acordo com o número, os tipos e a sequência de aminoácidos, encontramos cerca de 100 mil tipos de proteínas diferentes, sendo que cada uma determina uma característica em nosso corpo. Abaixo temos a representação da produção de proteínas.



Imagine uma comparação: “um bolo como sendo uma proteína em nosso corpo”. Quem será o DNA?

- a) a receita do bolo.
- b) os ingredientes do bolo.
- c) a pessoa que fez o bolo, usando a receita.
- d) o próprio bolo.

13. A figura abaixo quer mostrar que:



- a) no citoplasma da célula, existem cromossomos, que são formados por proteínas.
- b) no citoplasma da célula, existem mitocôndrias que são formadas por DNA.
- c) no núcleo da célula, existem cromossomos, que são formados por DNA
- d) no núcleo da célula, existem cromossomos, que são formados por proteínas.

14. Abaixo temos uma foto de atletas gêmeos idênticos ou univitelinos (originados de um único ovo ou zigoto). O primeiro é um maratonista e, o segundo realiza levantamento de pesos. A imagem comprova que a massa muscular é uma característica:



- a) somente adquirida, pois depende apenas da alimentação e do tipo de atividade física.
- b) somente adquirida, pois só é alterada com o uso de hormônios anabolizantes.
- c) somente hereditária, pois fatores ambientais não interferem na massa muscular.
- d) é hereditária, mas fatores ambientais como o tipo de atividade física modifica a massa muscular.

15. A luz do vaga-lume é um processo natural, que os cientistas chamam de bioluminescência, devido a uma proteína denominada luciferina. A primeira planta transgênica foi produzida em 1983. Os cientistas “misturou” uma característica do vaga-lume com a planta do tabaco (fumo). O resultado foi um pé de fumo que brilha no escuro.

Qual substância extraída do vaga-lume, foi introduzida na planta de tabaco?



- a) a proteína luciferina.
- b) os aminoácidos da proteína luciferina.
- c) o RNA que codifica a proteína luciferina.
- d) o fragmento de DNA que codifica a proteína luciferina

APÊNDICE 6 – Teste de desempenho aplicado após a utilização das animações de genética molecular nas aulas de genética mendeliana.



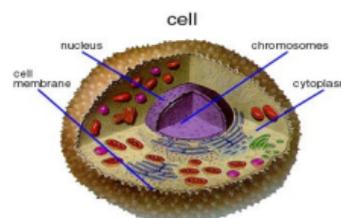
## TESTE DE DESEMPENHO

**Animações sobre genética molecular e sua eficácia para a compreensão dos conceitos genéticos**

**MARIVALTER GOMES COSTA**

1. Em citologia, costumamos dizer que é núcleo que comanda toda a célula. Essa afirmação se justifica pois no núcleo:

• Núcleo ,Cromossomos e Reprodução

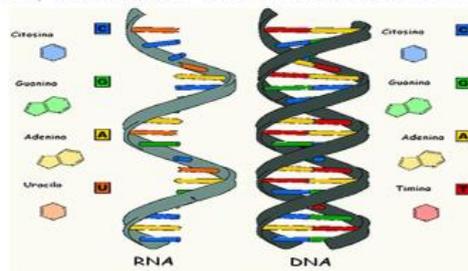


- existem moléculas que vão até o citoplasma para realizar o controle do metabolismo.
- existem moléculas no núcleo se agrupam e formam as proteínas, como enzimas, e essas atuam no controle do metabolismo.
- ocorre a síntese de enzimas, que são levadas até o citoplasma, onde atuam no controle metabólico.
- contém os genes, que estão contidas nas moléculas de DNA. Através do RNA esses genes chegam ao citoplasma, para síntese de proteínas.

2. Sobre a estrutura do DNA, marque a alternativa **INCORRETA**:

- O DNA carrega as informações genéticas do indivíduo.
- Os cromossomos são formados principalmente por DNA.
- O DNA, assim como o RNA, é formado por nucleotídeos, que são constituídos por um fosfato, um açúcar e uma base nitrogenada.
- Os nucleotídeos que formam o DNA diferenciam-se do RNA por apresentarem uma ribose e a base uracila.

3. Ácidos nucleicos são macromoléculas, formadas por conjunto de nucleotídeos. O desenho abaixo representa os dois tipos de ácidos nucleicos. Sobre eles, assinale a alternativa **CORRETA**:



- As duas moléculas apresentam dupla cadeia de nucleotídeos.
- As duas moléculas apresentam as mesmas bases nitrogenadas.
- No DNA, adenina sempre se liga a timina da cadeia complementar.
- A partir do RNA, ocorre a formação do DNA, processo denominado duplicação.

4. Considere os seguintes eventos no processo de duplicação do DNA:

- ruptura das ligações entre bases nitrogenadas.
- desenrolamento da molécula de DNA.
- ligação entre os nucleotídeos.
- pareamento de nucleotídeos.

Durante a replicação do DNA, a sequência de eventos é:

- I, IV, II e III.
- I, III, II e IV.
- II, III, I e II.
- II, I, IV e III.

5. Durante processo de duplicação ou replicação do DNA, onde uma “molécula mãe” dará origem a duas moléculas filhas idênticas. Este processo permitirá que:

- Após a mitose (divisão celular) as células filhas tenham o mesmo material genético.
- Durante a mitose (divisão celular) ocorra uma divisão diferencial de DNA para as células filhas.
- Num mesmo indivíduo, as células apresentem genomas totalmente diferentes.
- Todas as células de um mesmo indivíduo produzam sempre as mesmas proteínas.

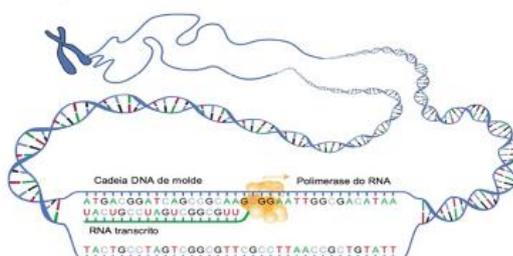
6. Marque a alternativa que melhor define um gene.

- a) O gene é uma porção da molécula de RNA que determina uma característica.
- b) O gene é uma região do DNA que é responsável pela síntese de carboidratos, determinando nossas características.
- c) O gene é uma sequência de nucleotídeos em que está contida a informação que será usada para a síntese de proteínas.
- d) Trecho do RNA que contém sequências de nucleotídeos que são usados para a síntese de proteínas.

7. O processo de transcrição, em células eucarióticas, acontece no \_\_\_\_\_. Este processo consiste nas sínteses de uma cadeia de \_\_\_\_\_ a partir da sequência de nucleotídeos no DNA. A proteína responsável por esse processo é a \_\_\_\_\_ polimerase. O transcrito, \_\_\_\_\_ da célula, liga-se ao \_\_\_\_\_ onde acontece sua tradução e, conseqüentemente, a formação da cadeia de aminoácidos.

- a) núcleo / RNAt / DNA / no citoplasma / lisossomo.
- b) nucléolo / RNAm / DNA / no hialoplasma / ribossomo
- c) núcleo / RNAm / RNA / no citoplasma / RNA dos ribossomos.
- d) citoplasma / RNAm / DNA / nas cristas mitocondriais / RNA dos ribossomos.

8. Sobre o que diz a imagem assinale a única alternativa **INCORRETA**:



- a) O cromossomo é formado pelo DNA.
- b) As duas cadeias do DNA são copiadas pelo RNA.
- c) A enzima polimerase do RNA permite o processo de transcrição.
- d) Somente algumas partes do DNA, chamadas de genes são copiadas pelo RNA.

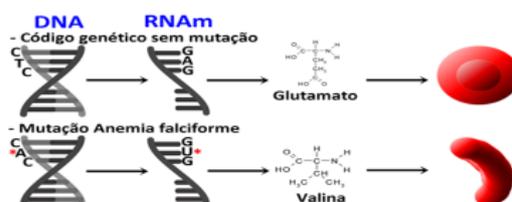
9. Arroz dourado é uma variedade modificada geneticamente por técnicas moleculares, de modo a torná-la capaz de produzir betacaroteno, um precursor da vitamina A, componente essencial da molécula de rodopsina, encarregada de absorver os raios luminosos que incidem na retina.

Qual substância foi introduzida nas plantas de arroz dourado?



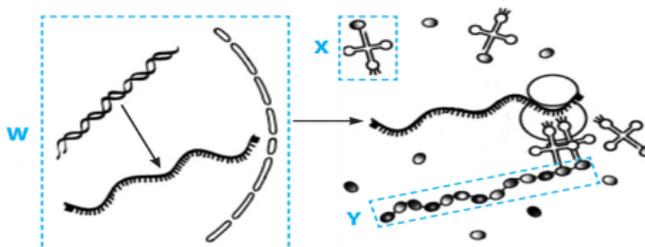
- O betacaroteno.
- A vitamina A.
- O RNA que desencadeiam a síntese de betacaroteno.
- Um fragmento de DNA que ao se expressar, determina a síntese de betacaroteno.

10. Abaixo temos um esquema que representa uma mutação gênica que acarreta troca de aminoácidos da proteína hemoglobina, o que leva a formação de hemácias anormais (forma de foice). Essa mutação determina uma doença conhecida com anemia falciforme. Sobre o assunto, assinale a alternativa INCORRETA:



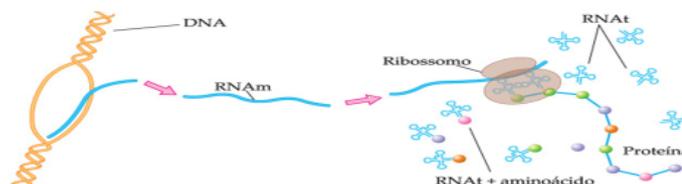
- Esse exemplo mostra que ao mudar as “receitas” de proteínas (gene), promoverá mudanças no seu produto (proteínas).
- A troca da base timina por adenina no DNA foi transcrita para o RNAm. A mudança desse códon acarretou mudança do aminoácido.
- O erro no DNA acarretou a troca do aminoácido glutamato pela valina, fazendo modificar a proteína hemoglobina das hemácias.
- Sempre que ocorre alguma mutação, surgem uma características prejudicial com doenças hereditárias recessivas, tumores e mal formações.

11. O esquema abaixo mostra a sucessão de etapas que levam a síntese de um proteína. Sobre ele, assinale alternativa CORRETA:



- Em W temos representado o processo de duplicação ou replicação.
- O processo representado em W ocorre no citoplasma da célula.
- Em X temos o RNAm, que leva os aminoácidos até o ribossomo que está realizando a leitura do RNAt.
- Em Y, observamos uma cadeia polipeptídica ou proteína. Ela é representada por um agrupamento de aminoácidos.

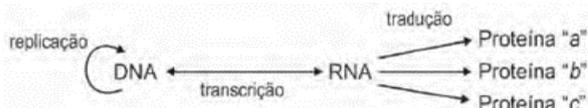
12. O nosso organismo é formado principalmente por uma substância orgânica denominada PROTEÍNAS, que são formadas por um agrupamento de AMINOÁCIDOS. De acordo com o número, os tipos e a sequência de aminoácidos, encontramos cerca de 100 mil tipos de proteínas diferentes, sendo que cada uma determina uma característica em nosso corpo. Abaixo temos a representação da produção de proteínas.



Imagine uma comparação: “um bolo como sendo uma proteína em nosso corpo”. Quem será o DNA?

- a receita do bolo.
- os ingredientes do bolo.
- a pessoa que fez o bolo, usando a receita.
- o próprio bolo.

13. A figura seguinte representa um modelo de transmissão da informação genética nos sistemas biológicos. No fim do processo, que inclui a replicação, a transcrição e a tradução, há três formas proteicas diferentes denominadas a, b e c.



Depreende-se do modelo que

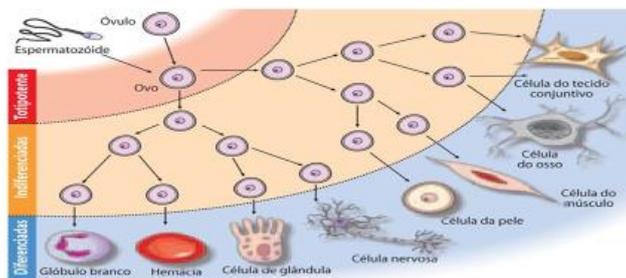
- a única molécula que participa da produção de proteínas é o DNA.
- o fluxo de informação genética, nos sistemas biológicos, é unidirecional.
- as fontes de informação ativas durante o processo de transcrição são as proteínas.
- é possível obter diferentes variantes proteicas a partir de um mesmo produto de transcrição.

14. Dois grupos de mudas obtidas a partir de um mesmo clone de plantas verdes foram colocados em ambientes diferentes: um claro e outro escuro. Depois de alguns dias, as plantas que ficaram no escuro estavam estioladas (esbranquiçadas) e, as do ambiente claro, estavam clorofiladas (verdes). Esse experimento mostra que a característica cor verde das plantas:



- Dependem do genótipo em interação com o ambiente.
- Não é hereditária e determinada por fatores ambientais.
- Podem sofrer mutações quando no escuro.
- Representam um fenótipo, logo, dependem apenas da expressão gênica.

15. O esquema abaixo representa o processo denominado diferenciação celular, que ocorre durante a formação embrionária, originando assim, os diferentes tipos de tecidos que formam os órgãos. Sobre o esquema abaixo, assinale a alternativa INCORRETA:



- Para cada órgão, existem células de formas diferentes.
- A forma de cada célula, está associada com a sua função no organismo.
- Como tem formas diferentes cada tipo celular apresenta material genético diferente das outras, de outros tecidos.
- Ocorre a partir das primeiras células embrionárias (células tronco), a ativação e inativação de genes, tornando a células diferentes.